

ELECTRONIQUE et MICRO-INFORMATIQUE

www.elektor.presse.fr

Simulation d'automate programmable par PC



Métronome/
diapason
électronique

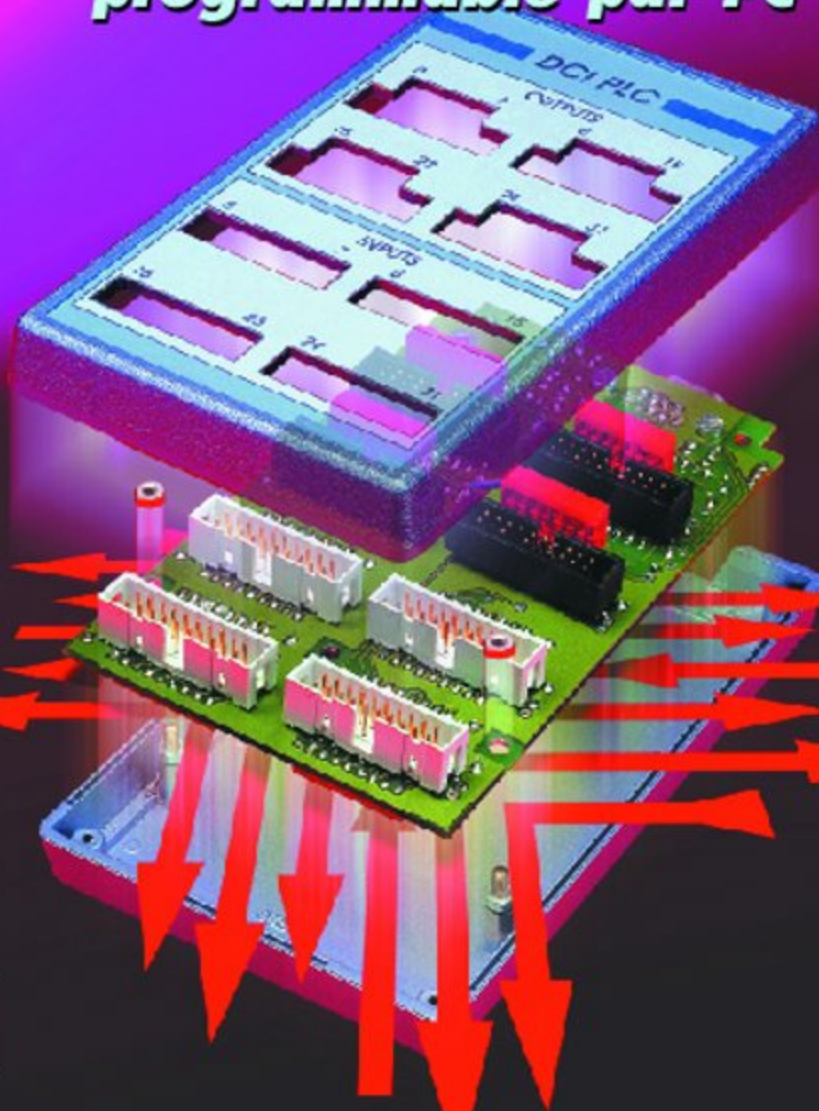


Affichage à
matrice
modulaire

Alimentation
à découpage
« auto »

32 entrées
analogiques
par RS-232

Les logiciels
de CAO en
Europe (II)



La CAO en Europe (II)

Panorama des logiciels de saisie de schéma et de dessin de PCB

Guy Raedersdorf

Nous avons eu l'occasion, dans la première partie de cet article consacré aux programmes de saisie de schéma et de dessin de PCB disponibles en Europe, de vous présenter 4 logiciels en version complète. Voici le reste de notre « cueillette ».



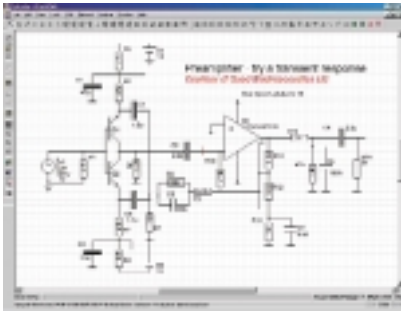
Le premier article a fait la part belle à 4 logiciels dont nous avons eu une version complète à essayer. Ce second article sera consacré aux programmes dont nous avons reçu une version d'évaluation, de démonstration voire que nous avons, comme vous pourrez le faire vous-même, téléchargé depuis le

site du fabricant sur Internet. Il nous a fallu, en raison du nombre de ce type de programmes, nous limiter très sévèrement quant à leur description pour pouvoir les mentionner tous. Que leurs producteurs ne nous en tiennent pas rigueur.

Comme nous le disions dans le premier article, nous n'avons pas l'intention de procéder à un classement mais nous contenterons de donner les caractéristiques qui nous ont paru intéressantes. Les voici, sans ordre préférentiel.

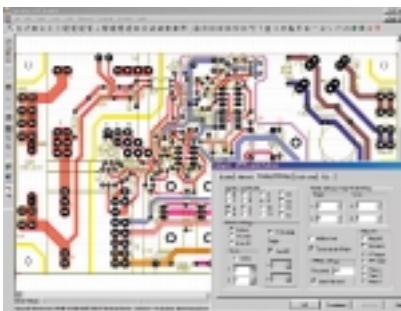
Spicycle™

Origine : Those Engineers Ltd
Version testée : Evaluation SpiceAge
V5.174 Spicycle V2.030
Format : CD-ROM
Installation : OK
Langue : anglais
Désinstallation : Parfaite
Documentation : petit manuel de 60 pages
www.spiceage.com



Pour pouvoir travailler avec Spicycle™ il faut commencer par installer SpiceAge, pour ensuite passer à l'installation de Spicycle™ proprement dit.

Spicycle™ est un outil de conception pour l'électronique incorporant saisie de schéma, dessin de circuit imprimé et, hors cadre de cet article, simulation, fonction d'origine d'ailleurs, comme le suggère son nom, de SpiceAge.



Quelques-unes des spécificités de Spicycle™ :

- Absence de dongle
- Sortie d'impression à échelle variable prévue spécialement à l'intention des imprimantes laser et à jet d'encre haute résolution.
- Interface pour documents multiples permettant l'affichage simultané de plusieurs schémas et platines.
- Taille maximale du schéma 82 x 82 cm (32 x 32").
- Modification aisée de l'empreinte

schématique d'un composant
- Triple DRC (*Design Rule Checking*) indépendante pour autant de régions

La mise en oeuvre de Spicycle est moins évidente au premier abord que celle de certains des autres programmes décrits dans cet article. Il faut une certaine période d'adaptation avant que l'on ne puisse utiliser à plein les possibilités multiples offertes par cet ensemble de programmes.

En conclusion : Spicycle est, contrairement à certains autres logiciels présentés ici et qui se limitent aux domaines de la saisie de schéma et/ou du dessin de platine, un programme universel, dont le point fort semble cependant être plutôt la simulation, encore que les caractéristiques des parties saisie de schéma et dessin de platine soient fort attrayantes elles aussi.

Layo PCB

Origine : Baas Electronics (NL)
Version testée : 8.05.0
Format : Internet évaluation 200 pins
Langue : néerlandais (anglais en cours)
Installation : OK
Désinstallation : Parfaite
www.baas.nl



Comme son nom l'indique, Layo PCB est uniquement un programme de dessin de platine. Il est en mesure d'importer des listes d'équipotentialités, et c'est là sa force, en provenance d'OrCAD.

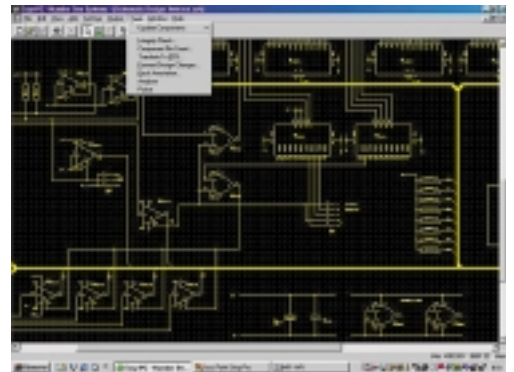
Ce programme possède une technique de fichiers d'information très intéressante : on y voit ainsi les annotations effectuées dans l'un et les informations de placement dans l'autre.

Un tout petit peu dommage qu'il n'y ait pas un exemple de liste d'équipotentialités inédit pour pouvoir

découvrir par soi-même les possibilités du programme et le comparer justement au reste de la concurrence. On pourra cependant démarrer un nouveau projet et charger la liste d'équipotentialités de l'un des exemples et une platine simple ou double face pour ensuite placer les différents composants présents en haut à gauche et, une fois que le placement est satisfaisant, effectuer le routage.

Easy-PC For Windows

Origine : Number One Systems
Version testée : V 4.0 Démo
Format : CD-ROM
Installation : sans problème
Désinstallation :
Documentation : 2 pages + dépliant mais manuel de 225 pages pour la version commerciale
www.numberone.com



Même s'il s'agit d'une version de démonstration, Easy-PC For Windows que nous avons reçu sur CD-ROM constitue d'office la combinaison-type de programme de saisie de schéma + dessin de platine (associée à une fonction d'édition de bibliothèque) entrant très précisément dans le cadre défini pour cet article.

Easy-PC For Windows existe en 4 versions, allant de la version 500 pin (sic) à la version Unlimited pin en passant par les versions 1 000 et 2 000 pin. La fonction d'autoroutage prend la forme d'une extension disponible elle en 2 versions, Easy-Router II 500 et Easy-



Router II Unlimited. On notera que ce nombre de broches concerne bien des broches de composants et n'inclut pas d'éventuels vias. Tel que nous l'avons reçu, Easy-PC For Windows dispose, comme le montre la recopie d'écran ci-contre, un dessin de schéma très correct. Cette fonction permet de travailler à plusieurs documents simultanément. Taille maximum du schéma 1 x 1 m (39 x 39").

La fonction dessin de platine s'associe sans hiatus à la fonction saisie de schéma sans nécessiter de liste d'équipotentiels. Possibilité d'importer des fichiers d'équipotentiels OrCAD EDIF ou EWB/MultiSIM.

Comme le montre la recopie d'écran de la platine le tracé de la platine mérite d'être vu. Easy-PC For Windows est sans doute l'un des programmes aux exigences les plus mesurées quant au système à utiliser, un écran SVGA (800 x 600) faisant déjà l'affaire. Basé sur un algorithme à empreintes hors-grille puissant, Easy-Router combine une technologie de routage moderne au confort d'utilisation des programmes actuels tournant sous Windows.

OrCAD Capture + OrCAD Layout

Origine : OrCAD Inc

OrCAD Capture Version testée : Version 9.10.93 CIS

OrCAD Layout Version testée : Plus Version 9.10 Démo

Format : CD-ROM

Langue : anglais

Installation : Facile

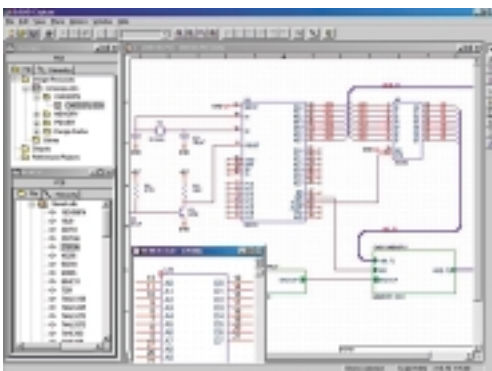
Désinstallation : l'effacement de certains des fichiers .dll est à confirmer manuellement.

Prix :

www.alsdesign.fr

www.orcad.com

www.baas.nl



OrCAD Capture peut être considéré comme le prototype des programmes de saisie de schéma, sa première version datant d'il y a près d'un quart de siècle. Nos ingénieurs travaillent depuis le début avec OrCAD et en dépit de toutes les sirènes, n'ont pas voulu changer de programme de saisie de schéma.



Le fichier capture-layout.pdf de 63 pages mérite d'être imprimé pour se faire une première idée sur l'art et la manière d'utiliser OrCAD Layout. Dommage que les recopies d'écran soient un peu floues (choix délibéré pour réduire la taille du fichier ?), mais suffisamment explicites pour pouvoir suivre le processus. La documentation technique couleur accompagnant le CD-ROM est très bien faite. Capture CIS est une version de Capture dotée de fonctions additionnelles.

On notera que la version de Capture présente sur le CD-ROM date déjà d'il y a 2 ans. C'est fou comme le temps passe vite dans le monde des logiciels de C&DAO.

Comme le montre la recopie d'écran ci-dessous, OrCAD Capture CIS (component Information System) est un programme très « clair », parfaitement structuré, facile à prendre en main et confortable d'utilisation. Lors du placement d'un composant et de son interconnexion au reste du schéma les points de conflit et de doute sont immédiatement identifiés et visualisés. Les options disponibles sont de plus en plus sophistiquées. OrCAD Capture CIS dispose d'un aide, Internet Component Assistant™ permettant l'accès aux banques de données sur Internet.

La famille des programmes de dessin de platine d'OrCAD, OrCAD Layout, connaît 3 variantes, de la plus simple, OrCAD Layout Engineer's Edition à la plus puissante, OrCAD Layout Plus en passant par OrCAD Layout.

L'aspect des boutons de la barre de tâches rappelle quelque peu, lorsqu'on les compare à ceux de certains autres programmes de dessin de circuit imprimé, le temps du « DOS » en raison de la taille du texte d'identification de la fonction. En contre-partie on peut dire qu'il est bien lisible. En fait l'important est moins le « physique » que l'efficacité du pro-

gramme.

Les exemples proposés dans le répertoire « Samples » sont extrêmement bien faits et peuvent servir de référence à tous les fabricants de programmes de dessin de circuit imprimé.

La fonction d'autoroutage disponible sur la version de démonstration d'OrCAD en particulier est impressionnante; on voit le programme « tricoter » grâce aux plus de 10 Moctets de RAM qu'il consomme jusqu'à arriver à autorouter les 747 interconnexions qu'il a à faire sur la platine dont on voit le chevelu sur la recopie d'écran ci-contre. Cela prend bien entendu un certain temps, si tant est qu'il soit possible d'autorouter automatiquement un circuit aussi complexe. On voit la fenêtre active sauter du centre tout autour de la périphérie.

Mais OrCAD n'est pas uniquement une saisie de schéma et un programme de dessin de circuit imprimé; il existe en effet pour OrCAD une fonction de simulation baptisée PSpice, mais sa description sort du cadre de cet article. Qui sait, nous aurons peut-être l'occasion de l'examiner de plus près dans le cadre de l'article consacré aux programmes de simulation dont nous envisageons la publication dans un prochain numéro.

Protel 99 SE

Origine : Protel

Version testée : Version Trial (durée 30 jours)

Format : CD-ROM

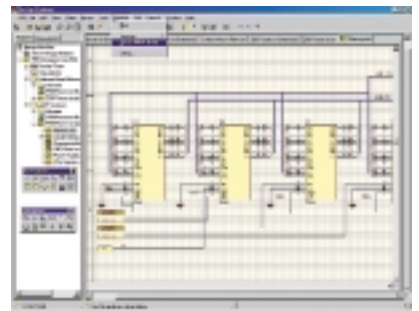
Installation : impeccable

Désinstallation : parfaite

Langue : anglais

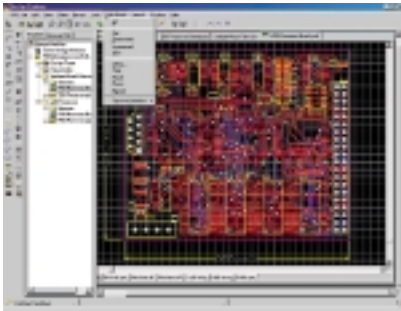
Prix : ± 35 000 FF

www.protel.com



Avec OrCAD, Protel peut prétendre avoir le droit de jouer dans la « cours

des grands ». Nombre d'entre vous se rappellent sans doute des programmes Advanced Schematic, Advanced PCB et Advanced Route, qui furent parmi les premiers à travailler sous Windows et partant à offrir une qualité de graphisme inégalée à l'époque; on les retrouve, en 32 bits dans la coquille de Protel 99 SE. Protel 99 SE est un environnement de conception de circuit imprimé complet.



La version d'évaluation de 99 SE est accompagnée d'une documentation technique en couleur de 32 pages impressionnante, très instructive, de toute beauté et extrêmement bien faite. On y apprend tout ce qu'il y a lieu de savoir pour saisir le cheminement à suivre pour passer de la saisie d'un schéma à la réalisation d'un circuit imprimé.

Le CD-ROM lui-même est lui aussi accompagné d'un petit fascicule en couleur de 40 pages expliquant, pas à pas, comment utiliser ce programme. La version d'évaluation de Protel 99 SE a une durée de vie de 30 jours, ce qui laisse cependant suffisamment de temps pour s'en faire une opinion.

À signaler que toute licence pour Protel 99 SE est accompagnée, actuellement et depuis un certain temps déjà, gratuitement, d'un exemplaire de CAMtastic!(r) 2000 Designer Edition, un programme d'édition et de modification de dessin de circuit imprimé.

Protel est sans doute l'une des meilleures combinaisons saisie de schéma + dessin de circuit imprimé + autorouteur (+ bien d'autres fonctions) mais étant donnée sa gamme de prix, il reste réservé aux utilisateurs professionnels. Avec OrCAD, il s'agit là de l'une des 2 Rolls-Royce du monde de la C&DAO pour la création de platines.

Target 2001 !V 8.2F

Origine : Dolphin Integration
Version testée : 2001!V 8.2 F
Format : Internet
Langue : français
Installation : OK
Désinstallation : Parfaite
www.dolphin.fr (F)
www.ibfriedrich.com (RFA)

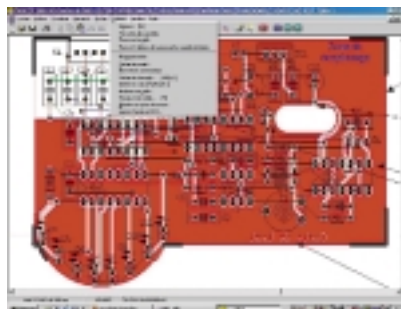


La version de Target que nous avons pu tester est la version française Target 2001 !V8.2 Evaluation, le programme allemand en est lui à la version 3001!V9, mais les différences sont, peu marquantes. La version d'évaluation est limitée à 2 500 éléments et à une taille de carte « Euro », bien plus que ce à quoi l'on est habitué dans le cas de version de démonstration ou d'évaluation.

Avant de pouvoir télécharger le fichier d'évaluation de Target (10 Moctets) il vous faut remplir un questionnaire qui se traduira par l'envoi par E-mail d'une adresse où télécharger le programme. L'installation ne pose pas de problème.

Target se subdivise en 2 modules, une saisie de schéma et un dessin de platine reliés par une passerelle, on passe de l'un à l'autre par un simple clic. Il existe également une fonction de simulation (qui sort du cadre de cet article).

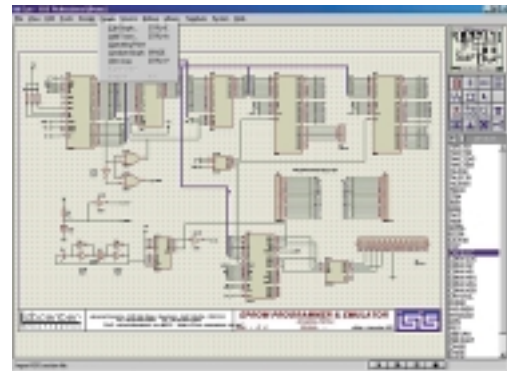
Il est bon de prendre le temps de lire le fichier d'Aide très bien fait et fort complet avant de se lancer dans l'utilisation de ce double programme.



Il devient de plus en plus courant en effet de travailler avec des projets qui démarrent par la saisie d'un schéma et sa simulation pour se terminer par le dessin de platine; c'est très exactement l'approche utilisée par Target. Il ne faudra pas être surpris, si vous optez pour l'option « Placer au centre », de ne pas pouvoir aller, lorsque le dessin sort de l'écran, sur les parties extérieures.

Proteus VSM

Origine : LabCenter
Version testée :
Format : CD-ROM
Langue : anglais
Installation : OK
Désinstallation : Parfaite
www.multipower-fr.com
www.labcenter.co.uk

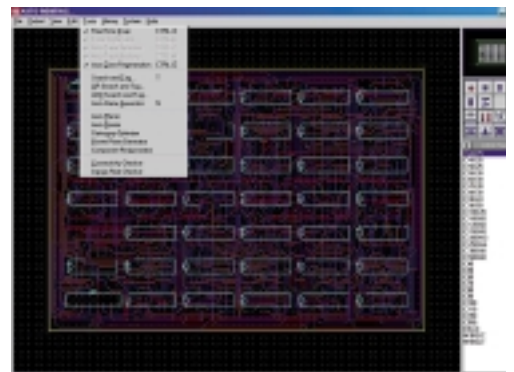


Proteus se compose de 2 logiciels :

ISIS 5.2

pour la saisie de schéma
et

ARES 5.2 Professional pour le dessin de platine.



La démonstration d'ARES propose un certain nombre d'exemples d'autoplacement + autoroutage très parlants. Un cadre vide sur l'écran se remplit de composants avec leurs interconnexions, et, par un simple clic sur la fonction Auto Router, on voit apparaître les pistes. Il est étonnant de voir la fonction Rip-up&Retry « tricoter » pour essayer de placer

toutes les pistes sur la platine visible sur la recopie d'écran ci-contre. Tenter un routage manuel sur une platine de ce genre est bien évidemment utopique même pour le meilleur spécialiste en la matière. Cette fonction paraît très efficace.

ISIS 5.2, la saisie de schéma est d'apparence très conviviale.

Ce programme comporte également une fonction de simulation.

Ranger XL

Origine : Seetrax

Version testée : Ranger XL 1.57

Langue : anglais

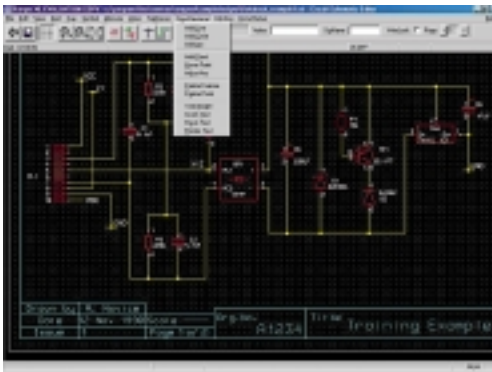
Format : Internet

Installation : impeccable

Désinstallation : parfaite

Note : Requiert une licence via E-mail

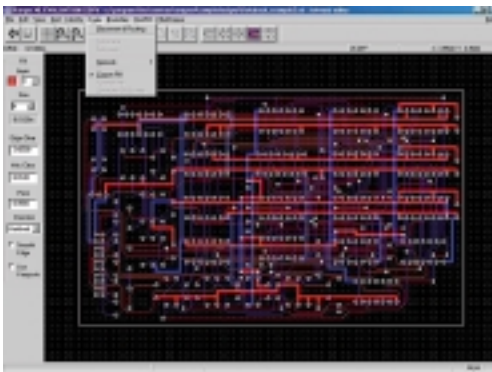
www.seetrax.com



Ranger XL est un set de logiciels permettant de dessiner un circuit imprimé propre et précis à partir soit d'un schéma (solution préférentielle) soit d'une liste d'équipotentiels associée à une liste des composants entrées manuellement ou importées.

Il ne faut pas vous étonner si, après avoir ouvert un projet, il ne se passe rien sur l'écran. Il faut cliquer le bouton identifié par quelques portes logiques pour voir apparaître le schéma choisi sur l'écran. On s'attend à trouver des réglettes pour pouvoir déplacer le schéma mais ils n'existent pas.

Si la structure du programme est relativement



simple, elle n'en permet pas moins de réaliser un schéma très rapide-ment.

Ranger est également un programme de dessin de circuit imprimé. Il permet en effet de créer un dessin de circuit imprimé à partir d'un schéma.

CIAO4

Origine : C.I.F.

Version testée : CIAO 4

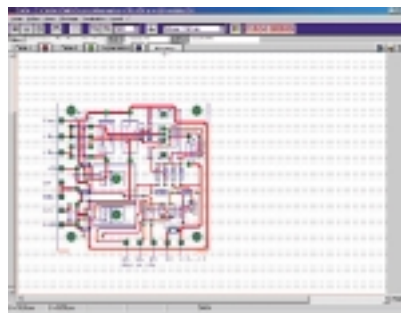
Format : Internet

Installation : Sans problème

Désinstallation : OK

Langue : français

www.cif.fr



Comme le montre la recopie d'écran ci-contre, CIAO4 est un programme de dessin de circuit imprimé travaillant, comme tous ceux que nous avons décrits jusqu'à présent, sous Windows. Il se distingue par une prise en main facile, les 4 options disponibles, Face 1, Face 2, Implantation et Perçage pouvant être affichées successivement par un simple clic. La position de l'ascenseur sur la gauche a de quoi surprendre au début.

Le fichier d'aide est très instructif et permet en fait de se passer de manuel.

Surface de travail 800 x 800 mm.

Le dessin de l'implantation fait appel à des enveloppes prédéfinies mais leur structure est relativement brute. La fonction de texte en particulier se caractérise par un tracé très rupestre ne faisant pas appel à une police standard.

Le tracé des pistes par contre est très propre, vu que l'on dispose de 6 épaisseurs de pistes. Le mode tracé des pistes est très simple d'utilisation. Il n'y a bien entendu pas de fonction d'autoroutage, vu le public auquel s'adresse CIAO4, les écoles et les amateurs de petits montages,

encore que l'on puisse imaginer que sur une surface de plus d'un demi-mètre carré on puisse implanter un certain nombre de composants. La version d'évaluation s'arrête au 28 broches, mais comme il est possible de modifier un composant de la bibliothèque pour la compléter, tous les horizons vous sont ouverts.

p-cad(r) 2000

Origine : Protel

Version testée : p-cad 2000 Version Trial

Format : CD-ROM

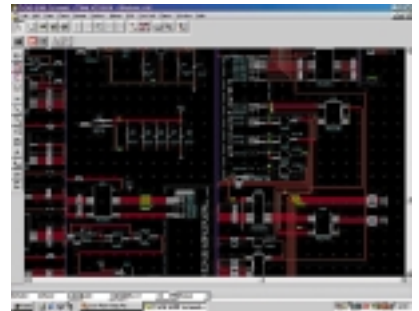
Installation : impeccable

Désinstallation : parfaite

Prix : de ± 12 000 à ± 70 000 FF (nouveaux tarifs en baisse sensible !)

Langue : anglais

www.protel.com



p-cad 2000 est la nouvelle ligne de produits de Protel. Il s'agit en fait de la version 15.02 d'ACCEL EDA rebaptisée. La version de base comporte la totalité des modules nécessaires, à savoir saisie de schéma, dessin de circuit imprimé et autorouteur + soutien.

À noter l'existence d'une version Lite de p-cad 2000, baptisée 6L/400C (pour 6 couches/400 composants).

La version d'évaluation de p-cad 2000 est accompagnée d'un prospectus couleur d'excellente facture expliquant clairement, avec force images impressionnantes de quoi il retourne.

Le CD-ROM de p-cad 2000 arrive accompagné d'un joli petit manuel de 48 pages couleur très utile lors de premiers pas avec un « programme » (un set de logiciels en fait) aussi varié. Cette nouvelle version a été dotée de fonctions réactualisées, lire rendues plus intelligentes tant au niveau des auxiliaires facilitant le travail que de l'autorouteur en particulier.



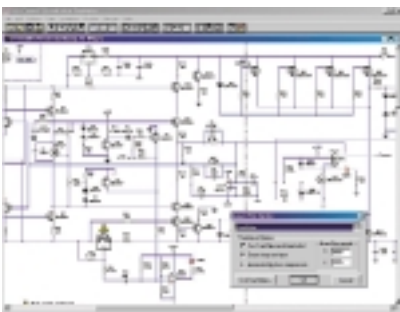
Mentionnons, à titre indicatif, quelques-unes des caractéristiques de p-cad pour vous permettre de vous faire une idée de ce que l'on est en mesure de faire aujourd'hui dans le domaine de ce type de programmes :

- Jusqu'à 30 couches
- Jusqu'à 4 000 composants
- Jusqu'à 5 000 broches par composants
- Jusqu'à 10 000 lignes équipotentielles
- Jusqu'à 16 000 connexions...

p-cad 2000 utilise une technologie d'autoroutage sophistiquée basée sur la forme des boîtiers, ce qui lui permet d'utiliser au mieux la surface de circuit imprimé disponible pour le routage. Toute licence complète de p-cad 2000 est elle aussi accompagnée d'un exemplaire de CAMtastic!® 2000 Designer Edition dont nous avons parlé plus haut. Un produit haut de gamme destiné à l'industrie. Comme on le constate à la lecture des lignes précédentes, Protel entre dans le 3ème millénaire avec plusieurs cordes à son arc.

CircuitMaker2000

Origine : Protel
Version testée : Student V6.2c
Format : Internet
Installation : sans problème
Désinstallation :
Langue : anglais
Prix : entre ± 2 400 et ± 6 600 FF
www.circuitmaker.com



CircuitMaker est un programme de saisie de schéma très joliment fait. Il se double d'une fonction de simulation très attrayante.

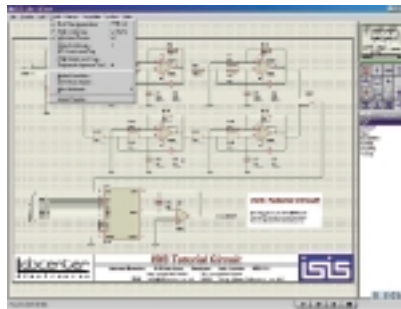
On peut ainsi voir fonctionner une alarme et bien d'autres petits schémas au fonctionnement instructif.

Le programme de dessin de circuit imprimé est TraxMaker.

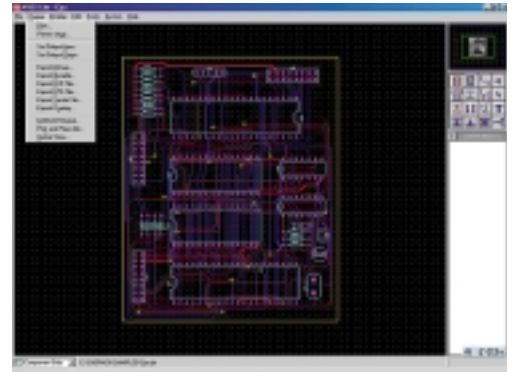
On notera que la version Internet de ce programme, cm2000trialversion, requiert un mot de passe pour être installée. Nous en sommes partant restés à la seule version à laquelle nous avons pu avoir accès, la version Student V6.2c (sans TraxMaker).

CAD PACK

Origine : Matrix Multimedia
Version testée : ARES IV Lite 4.73
Level 0 ISIS Lite 4.73 Level 0
Format : CD-ROM
Installation : OK
Désinstallation : on efface tout
Langue : anglais
www.matrixmultimedia.co.uk



Il s'agit en fait ici d'un CD-ROM de 385 Moctets Multimedia, comportant entre autres, une version Lite d'ARES, la version 4.73 Level 0 de ce programme de dessin de circuit imprimé, une version Lite de ISIS, à nouveau la version 4.73 Level 0 de ce programme de saisie de schéma que nous avons déjà présentés plus haut sous l'étendard de Proteus VSM. Ces versions ont déjà un certain âge, Proteus se trouvant déjà à la version 5.2. Le CD-ROM multimédia présente cependant un intérêt indiscutable; en effet, il permet de toucher un peu à tout, vu le nombre impressionnant de programmes qu'il comporte. Le CD-ROM parle également d'une simulation, PROSPICE Lite, intégrée à ISIS Lite, qu'il ne nous a pas été possible de découvrir qu'après quelques



recherches sous la forme d'un panneau de commande d'appareillage audio en bas à droite de l'écran.

Dans la racine du CD-ROM on trouve outre le répertoire CadPack, un second répertoire, demoCD, comportant lui pas moins de 7 sous-répertoires baptisés demo, downloads, dworks, etc. qui méritent d'être explorés. Le gros problème de ce genre de CD-ROM tous azimuts est que leur contenu est rapidement dépassé, mais comme nous le disions, ils ont le mérite de permettre de s'essayer à toutes sortes de disciplines.

WINSCHM

Origine : microlec
Version testée : Version 4.3
Format : CD-ROM
Installation :
Désinstallation :
Langue : français
www.microlec.com

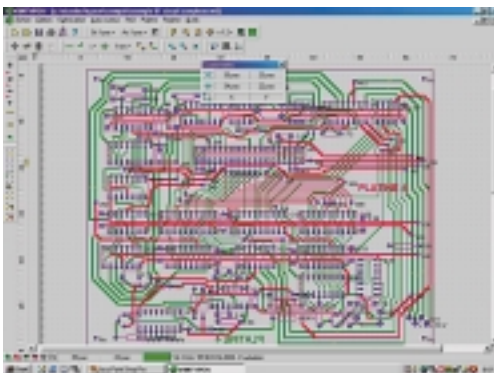


WINSCHM a l'avantage d'être très intuitif et en français.

Le système paraît parfaitement stable. Possibilité de créer un fichier Spice. Lors de la mise en place d'une liaison on a création automatique d'une jonction lorsque nécessaire. Le nombre de composants que peut gérer WINSCHM est renversant : 2 147 483 647 ($2^{31}-1$) ! Longueur des textes : 65 536 caractères. Le fichier d'aide est fait avec beaucoup de sérieux.

WINTYPON

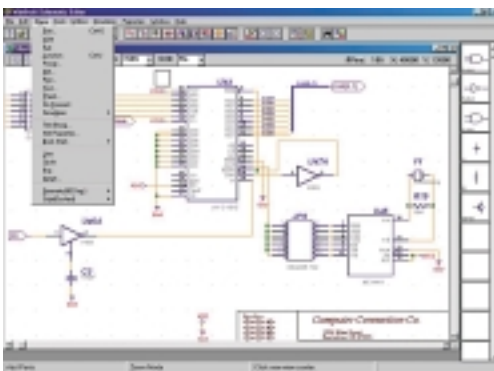
Origine : microlec
Version testée : Version 4.3
Format : CD-ROM
Installation :
Désinstallation :
Langue : français
www.micrelec.com



Est parfaitement interfacé avec WINSHEM. Possède une technique d'autoroutage pour le moins singulière, procédant à de multiples essais (255 au maximum) et propose ensuite d'utiliser l'approche ayant donné les meilleurs résultats (100 essais en 2 mn). Ne possède bien évidemment pas les possibilités d'un programme industriel comme Protel, Ultiboard ou OrCAD Layout. On se trouve réellement en présence d'une approche vraiment « Rip&Retry ». Le programme comporte une fonction d'annulation de manipulation (effacement en particulier) très appréciée.

WinDraft

Source : Ivex
Version testée : 3.08
Format : CD-ROM
Langue : anglais
Installation : OK
Désinstallation : Impeccable
Prix : de 125 \$US à 495 \$US + options
Documentation : un manuel de 120 pages couvrant à la fois WinDraft et WinBoard



www.ivex.com
www.optiminfo.com

Version de démonstration limitée à 50 broches
Ce programme de saisie de schéma a les fonctionnalités d'un outil 32 bits professionnel. Des touches à fonction rapide (*hotkey*) et un petit menu déroulant en font un programme de saisie de schéma que l'on aura vite fait de prendre en main.
Possède une possibilité de mise à jour automatisée (*Auto-update*) qui, à condition que l'on soit connecté à Internet, va vérifier qu'il n'y a pas de mise à jour.

WinBoard

Source : Ivex
Version testée : 3.08
Format : CD-ROM
Langue : anglais
Installation : OK
Désinstallation : Parfaite, il ne reste rien
Prix : de 125 \$US à 495 \$US + options
www.ivex.com
www.optiminfo.com

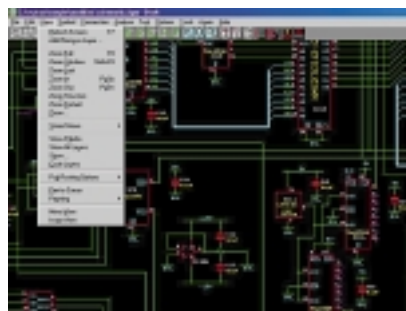


Version de démonstration limitée à 50 broches
Comme l'illustre la recopie d'écran, on se trouve en présence ici d'un programme de dessin de circuits imprimés aux nombreuses fonctionnalités. L'utilisation de WinBoard est assez intuitive. On commence par définir les caractéristiques du nouveau circuit imprimé, nombre de couches, largeur des pistes, isolation, etc. WinBoard met ensuite pas moins de 10 menus déroulants à la disposition de l'utilisateur.

Le manuel décrivant l'utilisation de WinDraft et WinBoard est très didactique.

VUTRAX

Origine : Computamation Systems Limited
Version testée : VUTRAX 12.2c
Format : Internet
Langue : anglais
Installation : N'est pas évidente mais OK ensuite, ne pas s'effrayer s'il se passe toutes sortes de manipulations
Désinstallation : Propre, reste un sous-répertoire à supprimer.
www.vutrax.co.uk



Vutrax est un programme qui surprend par son installation. Une fois qu'il est installé, il se laisse utiliser très intuitivement. La version d'évaluation permet de travailler avec 275 broches. Ce programme dispose d'une fonction de simulation soit PSpice Analogue soit SpiceAge et possède une fonction de visualisation 3D. La version complète de Vutrax permet de réaliser des schémas et des dessins de circuits imprimés très complexes.

EDWin

Origine : Mercure-Telecom
Version testée : EDWin 2000 Ver 1.0
Format : CD-ROM
Origine : Norlinvest Ltd
Version testée : V 1.71 Démo
Format : CD-ROM
Prix : de 260 £ (Basic 16 bits) à 1 740 £ (2000). Offre spéciale (durée limitée) en cas de change-

ment de fournisseur

La version complète arrive sous la forme CD-ROM + disquette de licence

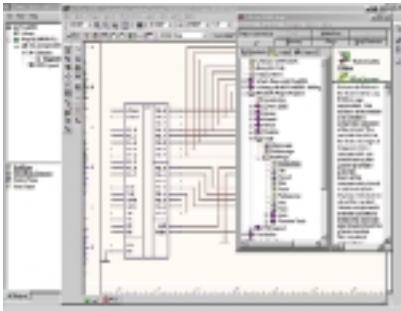
Installation : sans problème. Prend quelques minutes.

Désinstallation : se fait bien. Il reste un répertoire avec quelques fichiers à effacer.

Langue : anglais

www.mercuretelecom.com (France)

www.swifteurotech.co.uk (UK)



Lors de l'installation un certain nombre de fichiers antérieurs seront à « skipper ».

Le CD-ROM de la version EDWin 2000 requiert une licence d'utilisation. Elle se trouve sur le CD-ROM lui-même. Il suffit partant de remplacer le A:\ par un D:\ (ou autre identificateur du lecteur de CD-ROM dans lequel se trouve le CD d'installation. Ce processus dure un certain temps sachant que EDWin 2000 comporte également un simulateur Spice, EDSpice. Très jolie présentation, on n'a pas le temps de s'ennuyer.



EDWin 2000 est un programme complet et complexe, la preuve, l'existence d'un menu d'aide contextuel; il requiert une courbe d'apprentissage progressive. Il demande que l'on prenne le temps de le comprendre. Il est bien aidé par le dit menu d'aide en ligne qui apparaît, comme l'illustrent les 2 recopies d'écran consacrées à ce logiciel, à

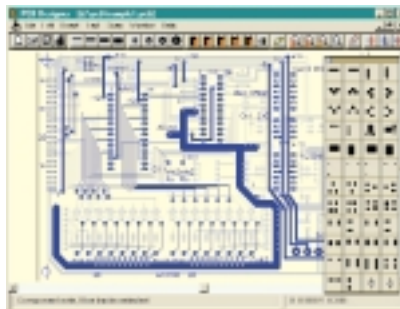
chaque étape de la saisie de schéma ou de dessin de circuit imprimé.

Dernière minute

Nous venons d'apprendre l'existence de 2 autres programmes qui nous paraissent mériter que l'on s'y intéresse :

PCB Designer

Importé par Telindel et distribué par Selectronic



Disponible en version de démonstration aux sites

www.gotronic.fr (version française)



et

www.niche.co.uk (version anglaise)



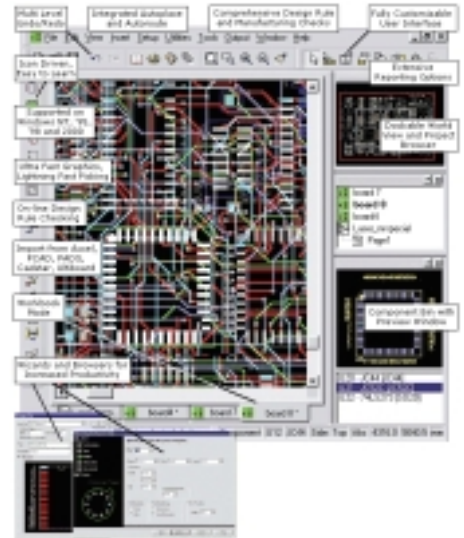
Et Pulsonix

Cette société propose, à l'adresse :

www.pulsonix.com



un logiciel de saisie de schémas très performant capable de lire les bibliothèques et les dessins de circuits



imprimés de Ultiboard, Ads, Cadstar, Accel et P-CAD et importe les schémas dessinés sous UltiCAP et Cadstar.

En conclusion

Signalons, pour éviter tout malentendu, que les schémas et dessins de platines visualisés par les différentes recopies d'écran n'ont pas été effectués par l'auteur de cet article mais sont des exemples proposés dans le cadre des différents logiciels examinés (*samples* et *tutorials*). Terminons par une remarque : il est fort probable que tout utilisateur expérimenté de l'un ou l'autre de ces logiciels, voir son distributeur, ne soit pas parfaitement d'accord avec l'une ou l'autre des remarques faites par un rédacteur qui s'est habillé en « lecteur lambda » et ne peut pas avoir la prétention d'avoir pu, au cours de ces quelques semaines qu'a duré la mise en forme de cet article, prendre le temps d'entrer dans les arcanes de chacun de ces programmes, d'où un voile certain de superficialité.

Les choses vont extrêmement vite dans le monde des logiciels de saisie de schéma et de dessin de circuits imprimés.

Il semblerait ainsi que l'un ou l'autre ait changé en ce qui concerne EDS2 décrit dans l'article du mois dernier.

Ainsi, entre autres, leur adresse Internet, que nous avions d'ailleurs mal orthographiée, (c'est quickroute.co.uk) est devenue :

www.dotqr.com

La généralisation d'Internet est à la fois une bénédiction pour l'amateur de programmes et une malédiction pour un auteur ayant à en parler. On a presque l'impression que les nouvelles versions poussent comme des champignons, les logiciels les plus complets se laissant cependant le temps avant de passer à la version suivante.

(000148-2)

Métronome-diapason

À microcontrôleur PIC16F84

Projet : C. Salmeron

Voici un métronome et un diapason électroniques combinés en un seul et même instrument. L'idée qui a présidé à sa conception, c'est de simplifier à souhait le matériel sans renoncer aux prestations des appareils similaires de haut de gamme. Nous y avons réussi avec l'aide d'une puce de microcontrôleur PIC16F84.



Le PIC16F84 a été programmé de manière à prendre en charge toutes les fonctions désirées, y compris le tic-tac du métronome, la synthèse numérique d'ondes pures (sinusoïdales) dans la gamme complète de notes (du C_2 (do_2) au B_7 (si_7)) pour le diapason et la commande du module d'affichage à cristaux liquides.

En mode métronomique, le circuit produit des

pulsations dont le son est court et net, à l'instar du métronome mécanique. Latence est donnée d'accrocher le premier temps de chaque mesure. L'information est à la fois acoustique, en changeant la hauteur du son, et visuelle par l'éclair d'une LED. Intéressante possibilité aussi, l'appareil peut produire des rythmes

irréguliers de cinq-quarts, sept-quarts et huit-quarts ou pas de rythme du tout, rien d'autre que le battement régulier d'un métronome mécanique.

Dans sa fonction de diapason, il peut générer n'importe quelle note entre le C_2 (do_2) et le B_7 (si_7) selon deux organisations des intervalles, par quintes ou à tempérament égal (le clavier *bien tempéré*, douze demi-tons chromatiques également espacés). Le son produit est très pur, à faible contenu harmonique et est contrôlé par quartz, pour la stabilité et une meilleure précision de la fréquence. De cette manière, le circuit ne demande ni réglage, ni accord, il « chante » toujours juste !

Description du circuit

Le cœur du circuit, on le voit à la **figure 1**, est constitué par un microcontrôleur PIC16F84 (IC1) de Microchip. Nombre de nos lecteurs le savent à présent, le PIC16F84 est quasiment un ordinateur monopuce, complet avec 1 Koctet d'EPROM Flash, 68 octets de RAM de données, 68 octets de données en EEPROM, un circuit d'horloge, 13 broches

Note de la Rédaction : la notation latine qui va de Do à Si semble être remplacée progressivement, sous l'influence, entre autres, de la documentation qui accompagne les keyboards et de leur sérigraphie, ainsi que sous celle des partitions de musique moderne, par son équivalent anglo-saxon qui va elle de A (la) à G (sol). C'est là la notation que nous avons utilisée pour ce métronome-diapason.

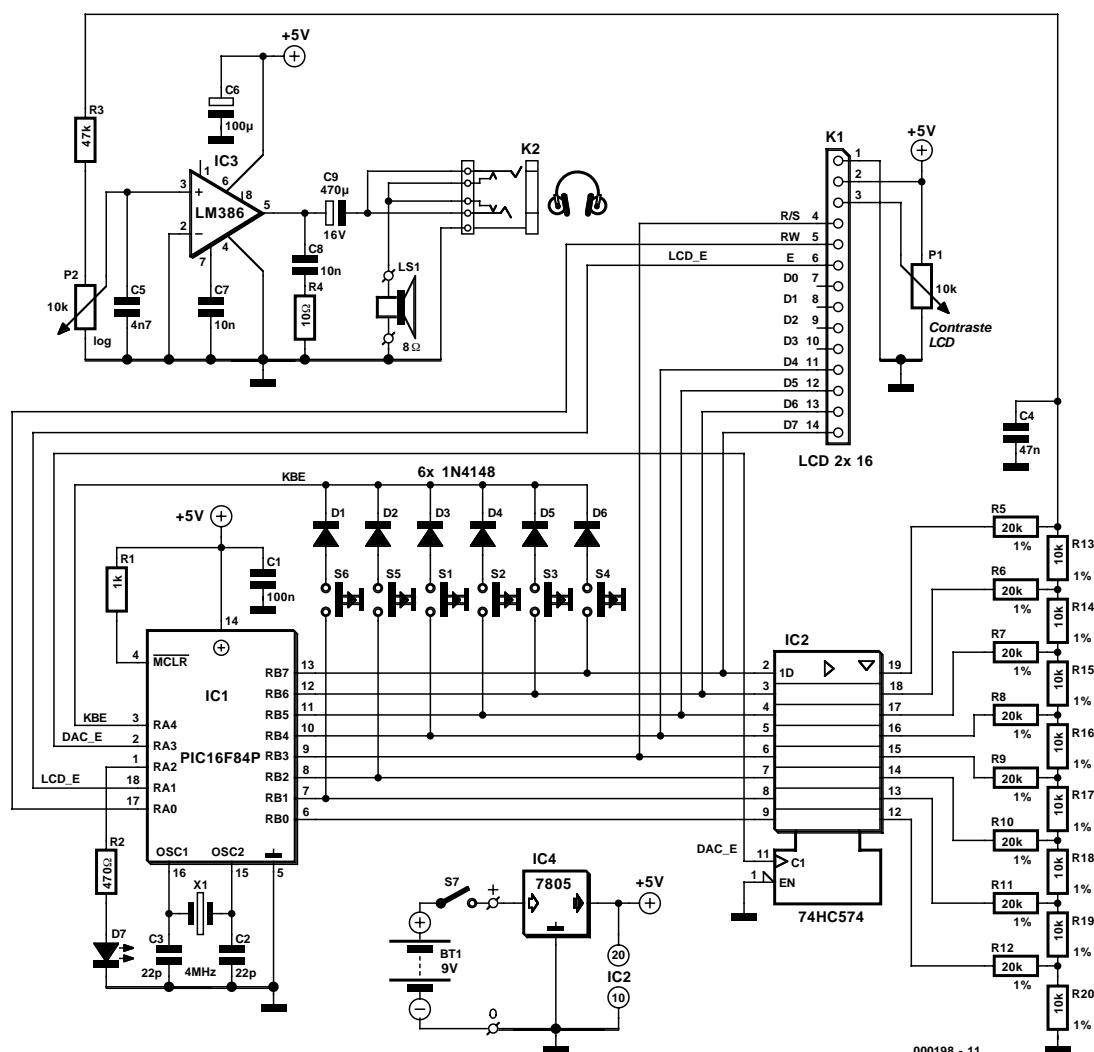
Caractéristiques principales

Métronome

- Rythme variable entre 40 et 240 coups par minute. Piloté quartz, pour battre la mesure avec grande précision.
- Imitation impeccable du son de métronome mécanique.
- Premier temps de chaque mesure plus aigu et signal lumineux synchrone.
- Numérotation sur écran de chacun des temps de la mesure en décalage, comme sur une partition.
- Extinction indépendante du son et de la LED, sans influence sur la chronométrie interne.
- Différents rythmes possibles :
 - régulier de 2 à 7 temps par mesure
 - irrégulier en 5/4, 7/4 ou 8/4
 - sans rythme, battement simple d'un métronome classique.
- Toutes les informations de contrôle visibles en permanence sur écran.
- Commande de sortie et de volume pour casque.

Diapason

- Génère toute note entre le C_2 (do_2) et le B_7 (si_7) sélectionnée par octave ou en arpège.
- Choix entre deux tempéraments : par quintes (F) ou égal (T).
- Onde produite de grande pureté, sans harmoniques. Pilotage quartz pour la précision de fréquence et la stabilité.
- Affichage de la note et du tempérament.
- Sortie casque pour une meilleure reproduction et de plus hauts volumes, spécialement recommandé sur les notes très basses (C_2 (do_2) à B_2 (si_2)).



000198 - 11

Figure 1. Schéma théorique du métronome-diapason.

Liste des composants

Résistances :

R1 = 1 kΩ
 R2 = 470 Ω
 R3 = 47 kΩ
 R4 = 10 Ω
 R5-R12 = 20 kΩ/1%
 R13-R20 = 10 kΩ/1%
 P1 = ajustable 10 kΩ
 P2 = potentiomètre logarithmique 10 kΩ

Condensateurs :

C1 = 100 nF
 C2, C3 = 22 pF

C4 = 47 nF
 C5 = 4 nF7
 C6 = 100 µF/16 V radial
 C7, C8 = 10 nF
 C9 = 470 µF/16 V radial

Semi-conducteurs :

D1 à D6 = 1N4148
 D7 = LED haut rendement rouge
 IC1 = PIC16F84-04/P (programmé
 EPS000198-41)
 IC2 = 74HC574
 IC3 = LM386
 IC4 = 7805

Divers :

S1 à S6 = bouton-poussoir Multimec
 CTL4 à capuchon D6K0
 K2 = embase jack encartable pour casque
 stéréo pour jack 6,3 mm
 Affichage LCD à 2 lignes de 16 caractères
 tel que, par exemple, PCF1602 (ou
 Conrad 18 33 42)
 connecteur à pression pour pile 9 V
 boîtier : 145 x 90 x 45 mm , par exemple,
 Retex (Conrad 54 15 59)

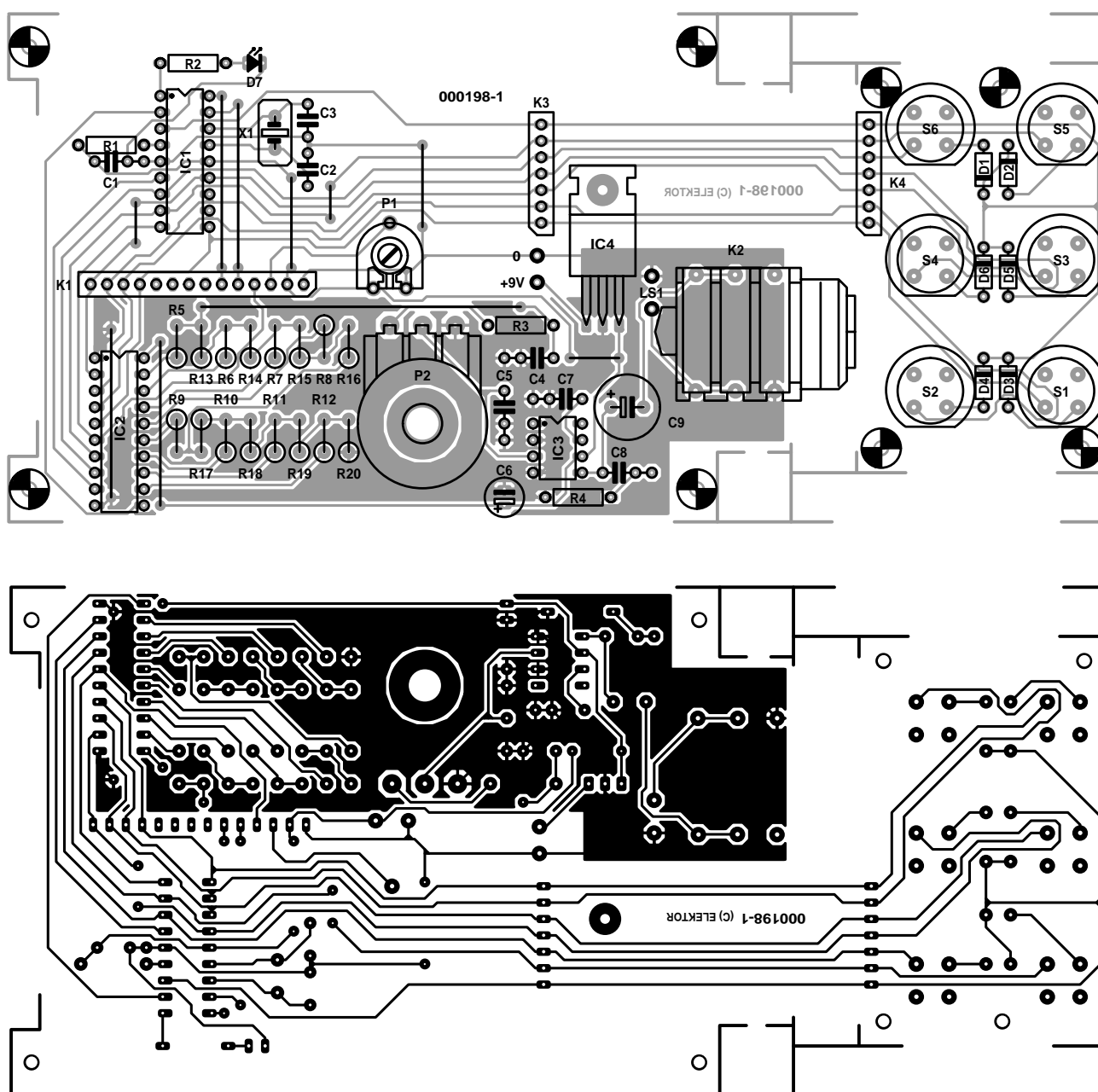


Figure 2. Tracé des pistes cuivrées et plan de montage des composants sur la platine (disponible toute faite).

d'E/S, un chronomètre et une horloge en temps réel et encore bien d'autres atouts. Une description complète du microcontrôleur et son jeu d'instructions sont disponibles dans le répertoire de caractéristiques de Microchip, mais vous pouvez les obtenir gratuitement en visitant le site www.microchip.com où vous aurez également l'occasion de télécharger une foule de notes d'application et d'exemples de logiciels.

Après avoir réalisé une première version du circuit, nous avons compris qu'il existait en mémoire de programme, sur la puce, une place suffisante pour améliorer la sonorité, produite jusque là par un résonateur piézoélectrique. Chaque musicien préfère le clic produit par un métronome mécanique que les petits sifflements d'un transducteur à cristal. De même, un bon diapason se doit de diffuser des ondes pures, exemptes de la corruption qu'introduisent d'indésirables harmoniques. Nous étions loin du compte avec notre résonateur piézo attaqué en ondes carrées. D'abord, les signaux rectangulaires, nous les avons choisis pour leur richesse en harmoniques impairs, spécialement le troisième. Mais les transducteurs piézoélectriques présentent de graves irrégularités dans la courbe de réponse, le volume sonore varie énormément d'une note à l'autre, au

point que pour certaines, l'harmonique trois noyait la fondamentale. Nous avons donc décidé de préparer un circuit plus respectueux de l'acoustique. C'est le résultat de ces travaux que nous vous présentons dans cet article.

Outre le microcontrôleur IC1, le montage se compose d'un module LCD, de six boutons poussoirs, d'un convertisseur numérique analogique (construit autour de IC2) et d'un petit amplificateur audio du type LM386 (IC3). Le convertisseur N/A discret se sert d'un 74HC574 et d'un réseau à échelle résistive R-2R.

Un aspect intéressant à remarquer, c'est la manière dont le bus RB0 à RB7 est partagé entre différents périphériques : le clavier, l'afficheur LCD et le convertisseur N/A. Pour accéder au bus, l'appareil connecté doit pouvoir en être isolé si un autre s'en sert. Le module LCD et le CNA disposent de lignes de validation (*enable*), pratiques pour les commander. Pour gérer les touches, on a doté chacune d'elles d'une diode montée en série (D1 à D6) vers une ligne appelée KBE (*KeyBoard Enable*). Les diodes exécutent deux fonctions. La première, si deux boutons sont actionnés simultanément, elles empêchent un court-circuit entre les broches d'E/S correspondantes du microcontrôleur. La seconde, lorsqu'on met au niveau

haut la ligne KBE, les touches sont isolées électriquement, ce qui évite toute interférence avec les autres participants au bus du microcontrôleur.

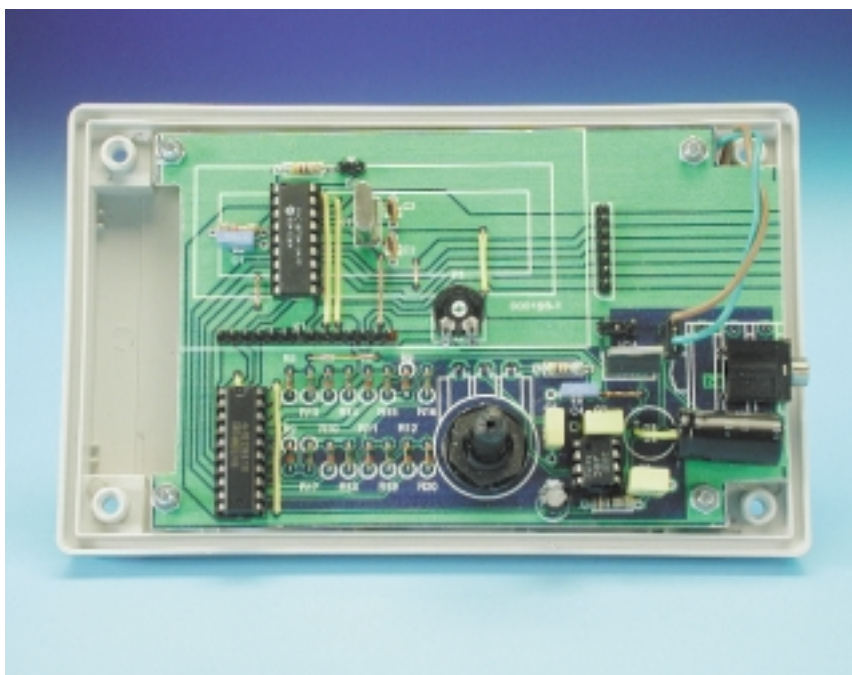
Autre point important, en pratique, le haut-parleur. Le montage utilise un modèle miniature. Une gamme où l'on côtoie le meilleur et le pire, qu'il s'agisse du volume ou de la qualité sonore. Et ce n'est pas tant au point de vue du spectre couvert en mode diapason que dans la qualité des impulsions produites en mode métronomique, à notre grande surprise, que les différences se sont le plus marquées : certains haut-parleurs produisaient de gracieux coups de baguette, d'autres des hoquets pénibles à supporter. Nous ne pouvons vous recommander que de mener un certain nombre d'expériences avec les différents haut-parleurs sur lesquels vous pourrez mettre la main, jusqu'à trouver votre bonheur. Pour qui le désire, une sortie pour casque est accessible par le connecteur K2. Utile pour répéter sans déranger les voisins !

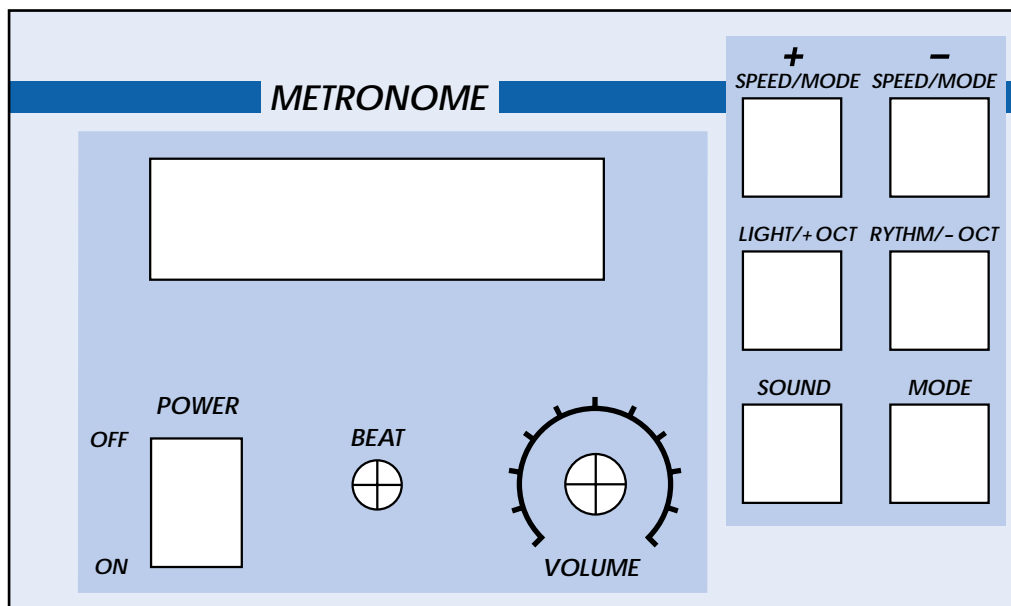
Une dernière observation sur le circuit concerne le filtre passe-bas, situé derrière le CNA, la combinaison de C4, R3, P2 et C5. Nous l'avons dit, une des contraintes de départ était de garder au montage des dimensions physiques aussi réduites que possible. En conséquence, nous ne pouvions pas donner à ce filtre une extension comparable à d'autres applications en hi-fi, par exemple. Néanmoins, il faut se rendre compte qu'en métronome, pour imiter le bruit caractéristique de son homologue traditionnel, le haut-parleur reçoit une très courte salve (trois ou quatre cycles, en fait) d'ondes carrées, de manière à forcer l'entrée en vibration pratiquement libre, comme si le cône avait été heurté par une baguette. Pour obtenir cet effet, il est très important que le signal de commande présente des flancs abrupts, donc un riche contenu harmonique. Il est alors impératif d'octroyer au filtre passe-bas une fréquence de coupure suffisamment élevée pour que le son en mode métronomique soit agréable. Nous avons ainsi calculé le filtre suivant un compromis entre deux exigences antagonistes : éviter trop d'harmoniques pour le diapason et préserver la raideur des flancs pour le métronome.

Le régulateur IC4 ramène la tension issue des piles à +5 V.

Description du logiciel

Le travail du programme qui commande le PIC est très simple. D'ailleurs, le code-source est amplement commenté (en anglais) et le lecteur ne devrait rencontrer aucune difficulté à en suivre le déroulement si tant est qu'il maîtrise la langue de Shakespeare). Tout le





000198 - F

Figure 3. Une idée de face avant en vraie grandeur.

logiciel du projet (**EPS000198-11**) est disponible sur disquette aux adresses habituelles ou par téléchargement gratuit sur notre site Internet (adresse : www.elektor.presse.fr).

Mode métronome

Après l'initialisation de toutes les données nécessaires, suivie d'un message d'accueil à l'écran pendant une seconde, le logiciel entre dans la boucle principale du métronome. Dans ce rôle, le microcontrôleur doit s'affairer à l'exécution de quatre tâches presque simultanées :

1. Produire les tops et allumer la LED au moment voulu.
2. Tenir à jour les informations affichées.
3. Interroger le clavier et exécuter la fonction associée à la touche actionnée, le cas échéant.

4. Actualiser les compteurs temporels.

Cette quatrième tâche est la plus critique en mode métronomique, puisque la mission première d'un métronome est de respecter scrupuleusement la chronométrie. Les autres tâches sont moins sensibles et un retard de quelques millisecondes est sans importance. Dans ce programme, c'est le temporisateur (*timer*) du microcontrôleur qui synchronise tout. Les interruptions du Timer0 sont validées et il en produit une toutes les 256 μ s. Une routine de réponse à l'interruption (ISR, *Interrupt Service Routine*) prend les commandes toutes les 256 μ s exactement et incrémente différents compteurs temporels. En outre, le

programme vérifie s'il faut générer un bip sonore, auquel cas il positionne (*set*) un indicateur (*flag*). Lorsque la ISR a terminé son travail, elle repasse le contrôle à l'instruction qui devait s'exécuter au moment où l'interruption s'est produite. Les trois autres tâches s'exécutent à la file dans la boucle principale.

Mode diapason

Quand il tient lieu de diapason, le processeur n'a plus que deux tâches à exécuter, fournir l'onde sinusoïdale à la fréquence demandée et guetter tout mouvement du clavier.

La technique mise en œuvre pour obtenir un signal sinusoïdal permanent se base sur la synthèse numérique directe (DDS, *Direct Digital Synthesis*). En DDS, un compteur, l'**accumulateur de phase**, sert à pointer vers la cellule appropriée d'une **table à consulter**, dont le contenu sera appliqué au convertisseur N/A.

Dans ce programme, l'accumulateur de phase est une variable à 16 bits appelée *nPhase*, considérée en deux parties, *nPhaseH* et *nPhaseL*. À chaque itération de la boucle, la valeur de *nPhaseInc* lui est additionnée. On peut interpréter les variables *nPhase* et *nPhaseInc* comme la partie entière **e** et la partie fractionnaire **f** d'un même nombre qui s'écrirait *eeeeeeee,ffffff*. La partie entière

représente des échelons de $1/256^e$ de cycle. Cette partie entière sert d'index dans la table des sinus et la valeur ainsi trouvée est envoyée au CNA.

À chaque tour dans la boucle, on scrute le clavier pour voir si une touche a été utilisée, auquel cas le contrôle est transféré à la routine de lecture du clavier (*read keyboard*) et la production de sinus s'interrompt. On n'a pas utilisé la possibilité d'interruption du port B, parce qu'elle ne concerne que quatre lignes (RB0 à RB3), alors que cette application-ci demande la surveillance de six touches. Bien que la vérification du clavier à chaque exécution de la boucle consomme du temps, la fréquence d'échantillonnage reste encore acceptable, puisque supérieure à 20 kHz.

Les incréments de phase nécessaires à la génération des ondes sinusoïdales à la bonne fréquence sont rassemblés dans une table à consulter, calculée au moyen de la formule :

$$\text{Incrément de phase} = 256 \times f_{\text{requis}} \times T_{\text{échantillonnage}}$$

Le facteur 256 tient compte du domaine de la fonction sinus (256 pas = 2π radians). Comme l'accumulateur de phase comporte une

partie décimale de huit bits, la formule utilise la valeur de 65 536 au lieu de 256. Nous le verrons tout à l'heure, la fréquence d'échantillonnage est de 25 kHz, donc la période d'échantillonnage dure 40 μ s. Exprimé en langage d'ordinateur, la formule s'écrit :

Incrément de phase =
(int) (65536.0 \times 40.0e-6 \times F_{requisse})

La table de phase a été fabriquée par le programme PHASETBL. C et les résultats écrits dans un fichier : PHASETBL. EXE > PTBL. INC. Le fichier de sortie PTBL. INC a ensuite été ajouté au fichier source. La table de phase, en réalité, est double, puisque la fréquence à générer dépend du mode d'accord. Une des tables correspond au tempérament égal, l'autre aux intervalles basés sur la quinte. Dès que la phase est calculée, on relève l'amplitude correspondante de la sinusoïde dans la table des sinus. Ce tableau contient les valeurs, codées sur huit bits, de la sinusoïde en 256 pas. Un sinus peut prendre des valeurs comprises dans l'intervalle [-1.0 ; 1.0] et la table se situe dans la partition de mémoire [000_H ; 0FF_H]. Pour gagner de la place, comme dans les tables trigonométriques, on se limite au qua-

drant de 0 à 90°. Une table sinusoïdale complète aurait occupé 256 mots. Le huitième bit représente le signe, les valeurs absolues sont donc représentées par sept bits. Elles se calculent par la formule :

$$127 \times \sin(\text{phase} \times 2 \times \pi / 256)$$

formule dans laquelle le terme « phase » va de 0 à 63. La table des sinus a été construite par le programme SI NETBL. C et les résultats inscrits dans un fichier par la commande : SI NETBL. EXE > STBL. INC, lequel a été inclus dans le fichier source.

Pour en revenir au déroulement du logiciel, précisons que lorsqu'il entre en mode diapason, toutes les interruptions sont masquées et, après quelques initialisations, il entre dans une boucle. Quatre tâches y sont exécutées en séquence :

- actualiser la phase de la sinusoïde, ce qui prend 6 μ s ;
- calculer la valeur de l'échantillon en regardant dans la table de sinus (14 μ s) ;
- envoyer la valeur de l'échantillon au CNA (5 μ s) et finalement
- vérifier si l'on a appuyé sur une touche (15 μ s), sinon répéter la boucle.

La durée de la boucle est toujours la même, à moins qu'une touche ne soit activée, et prend 40 μ s. Ceci implique que la fréquence d'échantillonnage soit de 25 kHz, haute assez pour reproduire la note la plus aiguë, le B₇ (si₇), à près de 8 kHz, tout en évitant le besoin d'un filtrage sévère derrière le CNA.

Aussitôt après détection d'une opération au clavier, la production de l'onde s'arrête et la fonction correspondante à la touche s'exécute.

Construction

Le tracé de la platine pour ce projet est représenté à la **figure 2**. La construction du métronome est d'autant plus aisée qu'il ne requiert aucun ajustement, exception faite du contraste désiré sur le LCD. Selon le boîtier que vous aurez choisi, la partie clavier peut ou non être intégrée au circuit principal. Si vous faites appel à des résistances miniatures, vous pourrez les installer horizontalement, comme indiqué sur la sérigraphie.

Contrôlez l'orientation de tous les composants polarisés, en particulier des diodes connectées en série avec les touches. Comme afficheur, n'importe quel modèle à deux lignes de 16 caractères, équipé de la puce HD44780 de Hitachi conviendra. Ce circuit intégré est très répandu chez la plupart des fabricants. Si celui que vous avez choisi dispose d'un éclairage par l'arrière, à vous de prévoir son alimentation. Nous n'avons pas jugé utile d'ajouter un réglage fin de la fréquence de l'oscillateur à quartz, l'erreur est négligeable. Néanmoins, si vous voulez en installer un, remplacez l'un des condensateurs C2 ou C3 par un ajustable de 40 pF.

À la **figure 3**, une suggestion de tableau de bord pour le métronome-diapason, non disponible toute faite.

Fonctionnement

À la mise sous tension, un message d'accueil s'affiche pendant environ une seconde. Ensuite, l'appareil se mue en métronome avec un rythme à trois temps et un tempo de 120 battements par minute. L'utilisateur peut alors modifier les réglages comme il l'entend par pression sur les touches. Après quelques essais, le mode d'emploi se mémorise facilement. Certaines touches ont deux noms, du fait qu'elles ont des fonctions différentes d'un mode à l'autre, le premier en métronome, le second en diapason. Les fonctions du métronome sont expliquées dans le **tableau 1**, celles du diapason dans le **tableau 2**.

(000198)

Tableau 1. Fonctions en mode métronome

Touche	Fonction
+ (SPEED)	accélère le tempo (en cpm), maximum 240 cpm
- (SPEED)	réduit le tempo, minimum 40 cpm
Light/ -Oct	allume ou éteint la LED
Rhythm/ +Oct	cycle parmi les rythmes : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 5/4, 7/4, 8/4
Sound	avec ou sans son
Mode	passé en diapason (avec tempérament égal)

Tableau 2. Fonctions en mode diapason

Touche	Fonction
+ (MODE)	élève d'un ton, le plus haut est B ₇ (si ₇)
- (MODE)	baisse d'un ton, le plus bas est C ₂ (do ₂)
Light/ -Oct	descend d'une octave (par exemple de G ₄ (sol ₄) à G ₃ (sol ₃))
Rhythm/ +Oct	monte à l'octave supérieure
Sound	avec ou sans son
Mode	passé du tempérament égal à celui par quintes ou de quintes au mode métronome

Les réseaux neuraux aux commandes

Les neuro-ordinateurs à nos portes

Owen Bishop

La plupart des actions de la quasi-totalité des animaux sont contrôlée par un réseau de cellules nerveuses également connues sous le terme de neurones. Dans le présent article, Owen Bishop s'intéresse aux possibilités d'implémenter un neuro-ordinateur.

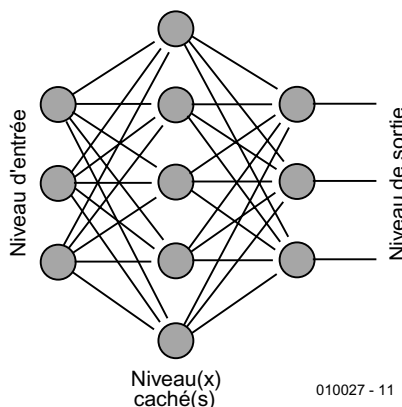


Figure 1. Un réseau neuronal artificiel comporte au minimum 3 niveaux de connexion de neurones.

Normalement, les neurones sont organisés en structures parfaitement définies, telles que, par exemple, le cerveau, la moelle épinière et les nerfs périphériques. Chaque neurone est un centre de transfert d'information (Note : nous disons bien transfert et non pas stockage). Il peut recevoir de l'information sous la forme de signaux électriques en provenance d'un nombre d'autres neurones du réseau, traiter cette information et la passer à d'autres neurones. Au niveau du cerveau humain, par exemple, un neurone est connecté à jusqu'à 10 000 autres neurones. L'art et la manière de ce transfert d'informa-

tion de neurone à neurone dépendent du nombre de connexions physiques existant entre les neurones et de l'intensité (la force) de chaque connexion. Le nombre de connexions possibles est bien plus important que le nombre de neurones présents. On estime qu'un cerveau humain pourrait comporter jusqu'à 10 16 connexions, une ressource énorme pour la mémoire et des actions intelligentes.

Apprentissage

Tout jeune animal démarre sa vie doté d'un ensemble donné de connexions de réseau. Il a vite fait d'ajouter de nouvelles connexions qui naissent de son expérience lorsqu'il apprend des réponses utiles à toute une palette de stimuli extérieurs. L'apprentissage ne se résume pas à la l'établissement de connexions totalement neuves mais aussi au renforcement de certaines connexions déjà existantes voire à l'affaiblissement de certaines autres. L'apprentissage est partant une caractéristique essentielle d'un réseau neural. L'animal apprend comment agir dans le cadre d'un ensemble de circonstances. Il apprend également des comporte-

ments répétitifs (pattern), apprendre à reconnaître un ami ou un ennemi ou encore identifier le fumet d'un steak à point sur le barbecue. Certaines parties du réseau sont des sites de processus de réflexion d'un niveau supérieur.

Dès lors que l'on admet que le réseau neural d'un animal est capable d'actions de reconnaissance complexe et de contrôle, les scientifiques ont essayé de créer un équivalent artificiel, un réseau neural artificiel (un ANN = *Artificial Neural Network*). Un ANN est constitué d'unités de neurones simulant l'action des neurones d'un animal. Ils comportent des étages d'entrée, de traitement et de sortie. Les premiers ANN électroniques ayant jamais été conçus étaient basés sur des tubes, mais les progrès furent très minces jusqu'à l'arrivée des VLSI, les composants à intégration très élevée. De nos jours, étant donnée la puissance de calcul du plus petit des ordinateurs haut de gamme, nous pouvons reproduire un modèle mathématique des ANN. Comme le prouve le logiciel décrit un peu plus loin, ces opérations peuvent être réalisées à l'aide d'un système faisant appel à des microprocesseurs conventionnels. Il existe également une

approche utilisant des processeurs spécifiques créés selon les spécifications du client pour la réalisation de vrais neuro-ordinateurs. Ils ont été conçus pour exceller dans les types de traitements spécifiques requis pour simuler des ANN, où l'approche par traitement parallèle semble être la plus efficace.

Il est important de se rendre compte que, bien que les ANN soient à base de neurones (électroniques ou mathématiques), dont l'action ressemble, très superficiellement, à ce qui se passe chez les animaux, l'analogie s'arrête là. Bien que nous en sachions pas mal en ce qui concerne la structure et les activités des neurones des animaux, nos connaissances quant à leur interaction sont bien plus rudimentaires. Le fonctionnement d'un neuro-ordinateur est probablement très différent de celui d'un cerveau. Il n'en reste pas moins qu'il peut remplir des fonctions similaires.

Architecture

On retrouve, en **figure 1**, la structure typique d'un ANN (électronique ou mathématique). Il se compose d'un minimum de 3 couches (ou niveaux) de neurones, sachant que chacun de ces niveaux peut comporter un nombre quelconque de neurones. Le niveau d'entrée est constitué de neurones recevant des informations en provenance de capteurs. Dans un système d'automate il peut s'agir de capteurs thermiques, optiques, de proximité voire de pression. Dans le cas d'un système de reconnaissance visuelle, les informations entrantes pourraient prendre la forme de différentes zones placées dans le champ de vision d'une caméra vidéo. Le niveau de sortie est constitué par les neurones qui actionnent des dispositifs d'activation tels que vérins, moteurs, solénoïdes et ampoules. Il se pourrait également, d'autre part, qu'ils génèrent des bits de code numérique qui sera, ultérieurement, interprété par un ordinateur. Il existe, entre les niveaux d'entrée et de sortie, un, voire plusieurs, niveau(x) cachés qui ne sont pas reliés directement au monde extérieur.

Dans le réseau représenté en **figure 1** les signaux passent, dans une direction, du niveau d'entrée, au

travers de niveaux cachés, vers le niveau de sortie.

Cette approche, connue sous le terme d'architecture *feedforward*, est l'une des plus couramment utilisées. Certaines applications utilisent d'autres architectures comprenant des réinjections (*feedback*), des connexions inter-neurones au même niveau, et d'autres configurations encore.

Mise d'ANN en modèle

Il existe un certain nombre de programmes pour ordinateur permettant la mise en modèle d'ANN; l'un d'entre eux est un programme pour PC connu sous la dénomination Easy NN et écrit par Stephen Wolstenholme.

Nous allons, en vue de pouvoir étudier le fonctionnement d'un ANN, installer un réseau de commande d'un robot de plate-forme hypothétique. Notre robot fait le tour des stations de travail d'une usine pour y prendre les pièces terminées et y apporter les pièces détachées. La route qu'il lui faut suivre prend la forme d'une ligne blanche tracée sur le sol. Cette ligne prend la forme d'une boucle dotée d'embranchements vers chacune des stations de travail. Le robot, qui chevauche la ligne blanche, possède une paire de capteurs optiques sur l'avant, dispositifs chargés de balayer le sol sur la gauche et la droite de la ligne blanche. Tant que le robot reste sur la ligne blanche ni l'un ni l'autre des capteurs ne « voient » la ligne de sorte que les 2 moteurs assurant le déplacement du robot tournent. Cependant, dès qu'il quitte la ligne ou que cette dernière se met à tourner, l'un des 2 capteurs est stimulé et entraîne la coupure du moteur correspondant ce qui force le robot à revenir sur la ligne. Lorsqu'il s'agit d'une ligne de branchement, la double épaisseur du tracé stimule simultanément les 2 capteurs. Dans ce cas-là le robot pourrait ne pas tenir compte du tracé principal et se brancher vers la ligne gauche en direction de la station de travail mais ceci uniquement à condition que son capteur optique « d'appel » reçoive un rayon de lumière émis dans sa direction par la station de travail.

Le robot comporte, sur son avant, un capteur de contact qui lui permet de

détecter une barrière lorsqu'il atteint la station de travail. Il émet alors un signal sonore signalant sa présence et s'arrête, le temps de décharger et de recharger des pièces, jusqu'à ce que la barrière soit à nouveau ouverte. Il reprend alors sa route long du tracé de branchement jusqu'à ce qu'il rejoigne le tracé principal. Le capteur de contact détecte tout obstacle que le robot pourrait rencontrer sur son chemin. Dans ce cas-là il s'arrête, émet un signal sonore et attend que l'on veuille bien enlever l'obstacle.

Il est fort probable que ce système automate simplifié à l'extrême ne fonctionne pas en pratique, mais son seul but est d'illustrer la nature d'un ANN. Une autre particularité de ce réseau est de ne disposer que d'entrées et sorties binaires. Les modèles mathématiques d'ANN sont eux, au contraire, parfaitement capables de travailler avec ces valeurs analogiques.

Entraînement

La première étape d'installation d'un réseau travaillant sous Easy NN consiste à spécifier l'existence de 4 neurones d'entrée, de 3 neurones de sortie et d'un unique niveau de neurones cachés. C'est au logiciel de décider le nombre de neurones cachés requis. On a ensuite appris au réseau comment se comporter par la saisie au clavier d'un tableau fournissant une sélection de valeurs d'entrée possibles et les valeurs de sortie correspondantes dans chacun des cas. Comme il s'agit d'un exemple binaire nous avons entré la totalité des 16 combinaisons possibles des 4 entrées avec des niveaux 0 (faux) et 1 (vrai). Nous avons en outre entrée les réponses attendues en sortie pour chacune des combinaisons en entrée. Nous avons tout simplement décidé ce que le robot avait à faire et avons entré les « 0 » et « 1 » correspondants. C'est ce que l'on appelle un apprentissage par supervision; c'est l'équivalent de la programmation d'un système-expert. Comme le système travaille avec des valeurs binaires, le tableau est l'équivalent d'une table de vérité. Lorsque l'on demande à l'ordinateur de générer le réseau, il commence par décider combien de neurones doit comporter le niveau caché. Il procède ensuite à la connexion de tous les neurones, comme en **figure 1**, et attribue à chaque connexion un poids qui, s'il est aléatoire n'en est pas moins relâchement faible. Il charge ensuite les combinaisons des entrées et calcule les sorties correspondantes et les compare aux résultats de sortie escomptés. Ce processus se répète, et comme chaque neurone dispose d'une mémoire associée, le système pourra ajuster les poids de façon à obtenir en sortie un

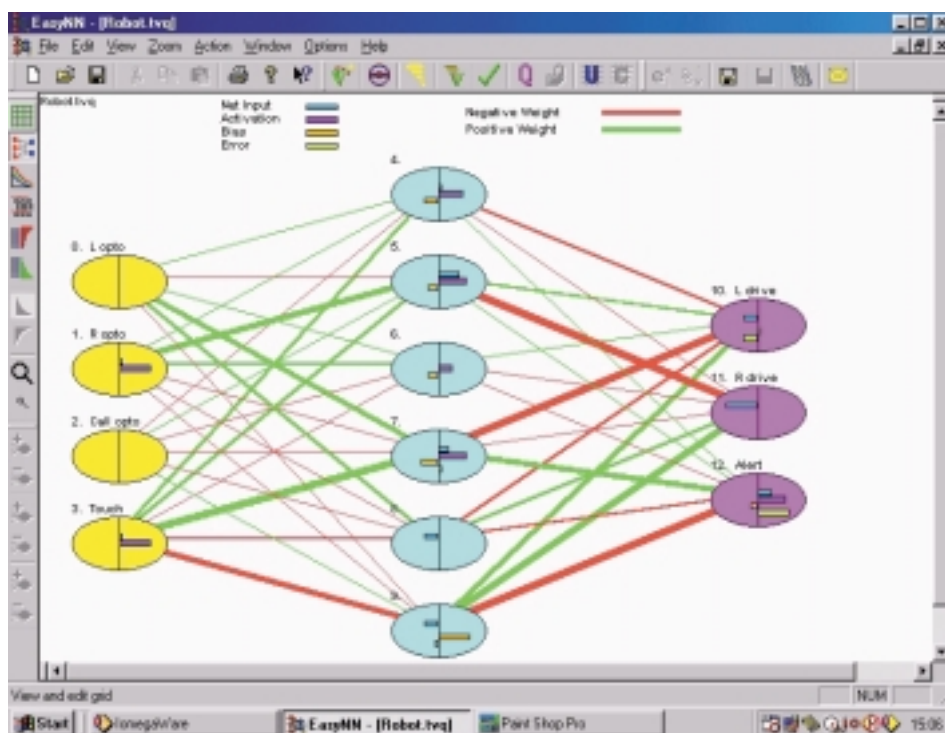


Figure 2. Cet ANN représente le système de commande d'un robot de plate-forme.

résultat qui soit plus proche du résultat escompté. Le traitement se poursuit jusqu'à l'obtention de valeurs stables. Le réseau est alors représenté sous la forme d'un diagramme (**figure 2**).

À partir de ces informations nous pouvons constater que l'ordinateur a opté de disposer de 6 neurones cachés. Les connexions inter-neurones sont représentées sous la forme de traits d'épaisseur variable en fonction de leur poids. Certains d'entre eux sont représentés en vert pour visualiser une action positive (excitatoire), les autres sont de couleur rouge pour indiquer une action négative (inhibitoire). Les signaux arrivant à chacun des neurones sont additionnés tout en respectant leurs poids respectifs. Dans la plupart des systèmes, un certain nombre des signaux faibles arrivant à un neurone sont purement et simplement ignorés. Ce n'est qu'après que le total des signaux a dépassé un seuil prédéfini que le neurone fournit un signal de sortie.

La figure 2 illustre une combinaison particulière d'entrées et donne les sorties correspondantes. Les paramètres définis au niveau de chaque neurone sont représentés sous la forme d'histogrammes sur lesquels la seconde colonne représente l'état d'activation. En vue de voir quel est le comportement du réseau (et du robot) nous faisons appel à un panneau d'interrogation (*query*) et entrons le niveau des signaux de chacun des capteurs (0 ou 1). La sortie résultante est cal-

culée automatiquement et on a affichage d'une version de la figure 2 avec les nouvelles entrées et sorties. En figure 2, par exemple, les états d'activation ont été définis de manière à ce que capteur optique droit et le capteur de contact soient tous deux à « 1 ». Le capteur optique gauche et le capteur d'appel se trouvent tous deux à « 0 ». La sortie correspondante est à « 0 » pour les moteurs et celle de l'alarme se trouve elle à « 1 ».

Le robot a rencontré un obstacle sur son chemin, s'est arrêté et a émis son signal d'alarme. Si nous modifions les entrées de façon à mettre tous les capteurs optiques à « 1 » et le capteur de contact à « 0 » la sortie change instantanément à moteur gauche à « 1 » (ON), moteur droit à « 0 » (OFF) et alarme à « 0 » (OFF). Le robot tourne à droite à une jonction. Le test de différentes combinaisons des entrées donne toujours le résultat escompté en fonction de l'entraînement donné au système.

Ce contrôleur simple aurait pu être réalisé, matériellement, à l'aide de 3 ou 4 portes logiques ou, sous forme logicielle, programmé en quelques lignes d'instructions logiques d'un programme écrit en BASIC. Nous aurions également pu envisager de

programmer la table de vérité sous la forme d'un tableau à interroger où l'on aurait trouvé les sorties correctes. Nous avons préféré utiliser des algorithmes qui décrivent l'action d'un neurone et ce qui se passe lorsque plusieurs de ces neurones sont interconnectés sous la forme d'un réseau. La seule connexion créée sciemment entre entrée et sortie se fait par le biais de l'ANN. Notons au passage que le réseau ne fait rien plus que ce que nous lui avons appris lors de l'entraînement. Si nous l'entraînons à répondre différemment, il apprendra un nouveau pattern de comportement.

Entrée analogique

L'un des exemples proposés sur le site de Easy NN montre à quel point un ANN peut fort bien se débrouiller avec une entrée analogique. Le réseau est entraîné à reconnaître un spécimen de l'une de 3 races d'iris, en ne disposant que de la longueur et de la largeur des pétales et des sépales. Le réseau comporte 4 neurones d'entrée, un pour chacune des 4 quantités d'entrée. Il comporte 3 neurones de sortie, une pour chacune des espèces, à savoir Iris setosa, Iris versicolor et Iris virginica. L'ordinateur génère 7 neurones dans un niveau caché.

Il est impossible, dans le cas d'entrées en analogique, d'entraîner le réseau par la saisie de toutes les combinaisons d'entrées possibles. Au contraire, on lui propose un échantillon des données analogiques pour qu'il s'y « fasse la main ». Les 4 mesures effectuées sur un échantillon de chacune de ces fleurs sont entrées dans un tableau de données. Un « vrai » (*true*) est entrée dans chacune des 3 colonnes de sortie pour indiquer à quelle sorte chacun des sets de données fait référence. On entre un « faux » (*false*) dans les 2 colonnes restantes. Le tableau comporte des données en provenance de 50 fleurs de chaque espèce, nombre considéré suffisant pour un entraînement.

Bien que la correspondance entre les dimensions et les espèces soit loin d'être aisée facile à détecter par une simple inspection, le réseau a vite fait d'apprendre à identifier l'espèce des autres spécimens de ces

3 espèces d'iris à lui être proposés en s'aidant uniquement de ces 4 mesures de base.

Un réseau similaire mais bien plus développé est capable de distinguer l'une de l'autre 16 espèces d'une famille de poissons en s'aidant de 10 neurones d'entrée recevant des données concernant des caractères corporelles de ces poissons.

Applications

Lorsqu'il lui est fourni un certain pattern d'entrée, un ANN apprend à produire le pattern de sortie approprié. C'est ce qui fait l'essence des ANN. Nous vous avons présenté des

exemples tirés des domaines de l'automatisation et de reconnaissance d'espèces de plantes et de poissons. Les ANN sont souvent utilisés pour l'examen de masses de données à la recherche de patterns qui pourraient y exister. Ainsi, les données concernant les fraudes avec cartes de crédit ont montré que la fraude est particulièrement fréquente dans la population féminine jeune achetant des souliers. La reconnaissance visuelle est importante dans les systèmes de sécurité et en robotique. Les ANN trouvent de nombreuses applications dans ces domaines. La flexibilité des ANN et leur capacité de répondre aux changements en

entrée les rendent particulièrement utiles comme dispositif de peaufinage des paramètres de systèmes à base de logique floue. Dans le futur il se pourrait fort bien que nous découvriions que nombre des appareils domestiques sont commandés par une combinaison de logique floue et d'un réseau neural artificiel.

Logiciel

Lors de l'écriture de ces lignes, le site sis à l'adresse :

www.tropheus.demon.co.uk/.

donne tous les détails que l'on peut souhaiter en ce qui concerne le programme **Easy NN**.

(010027-1)

Carte à 32 entrées analogiques

Pour le port série (RS-232)

projet : George Vastianos

étudiant à la section d'électronique de l'Institut de Technologie du Pirée, Grèce

Le projet décrit dans le présent article est une carte à 32 entrées analogiques dotées d'une résolution de 12 bits chacune destinée à être connectée, en externe, au port série. La caractéristique spécifique du présent projet est sa manière de communiquer avec le PC. Nous y reviendrons !



La plupart des cartes destinées à la saisie de niveaux de tension analogiques vendues dans le commerce comportent un microcontrôleur ou un circuit intégré spécialisé dit UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* = Émetteur/Récepteur Asynchrone Universel) utilisé pour la communication série. La

carte décrite ici ne comporte ni l'un ni l'autre de ces composants pour la simple et bonne raison que son concept est basé sur un accès direct aux registres de l'UART interne du PC, emplacements qui procéderont à la conversion série-parallel.

Le port série en 3 mots

La fonction première des ports série est d'assurer la communication entre 2 ordinateurs ou entre un ordinateur et un périphérique tel qu'un modem ou une souris.

Le contrôleur du port RS-232 interne du PC est, dans la majorité des cas, un UART, circuit intégré monté à même la carte-mère. La fonction de ce composant est d'assurer une conversion série-parallel et parallel-série.

Un ordinateur peut disposer de 1 à 4 ports séries (baptisés COM1 à COM4). Comme le montre le **tableau 1**, chaque port occupe 8 emplacement de mémoire dans la cartographie des Entrées/Sorties (I/O pour *Input/Output*)

Les lignes de bases utilisées par un UART pour toute communication série (transmission et réception) sont appelées TXD et RXD. Il fait appel en outre à un groupe de lignes additionnelles (DCD, DSR, RTS, CTS, DTR, RI) en vue d'établir différents types de communication série. Certaines de ces lignes additionnelles travaillent en entrée, d'autres en sorties. Chacune de ses lignes est contrôlable par le biais d'un bit d'un

Caractéristiques techniques :

Nombre d'entrées :	32
Type des entrées :	Analogique (résolution de 12 bits, $V_{in(min)} = 0 \text{ Vdc}$, $V_{in(max)} = 5 \text{ Vdc}$)
Connexion :	Port sériel (RS-232)
Communication :	Accès direct aux registres de l'UART du PC
Alimentation :	9 à 15 V/CC
Courant requis :	30 mA approximativement (veille)

Tableau 1. Adresses des E/S de l'UART interne

Dénomination du registre	COM1	COM2	COM3	COM4
Tampon Émetteur/récepteur	3F8h	2F8h	3E8h	2E8h
Registre de validation d'interruption	3F9h	2F9h	3E9h	2E9h
Registre d'identification d'interruption	3FAh	2FAh	3EAh	2EAh
Registre de commande de ligne	3FBh	2FBh	3EBh	2EBh
Registre de commande de modem	3FCh	2FCh	3ECh	2ECh
Registre d'état de ligne	3FDh	2FDh	3EDh	2EDh
Registre d'état de modem	3FEh	2FEh	3EEh	2EEh
Registre de brouillon (<i>scratch pad</i>)	3FFh	2FFh	3EFh	2EFh

Tableau 2. Adresses des lignes de données et de commande RS-232 (Cartographie d'E/S)

Broche	Connecteur 25 broches	Connecteur 9 broches	COM1	COM2	COM3	COM4	Bit	I/O
TXD	broche 2	broche 3	3FBh	2FBh	3EBh	2EBh	6	O
RXD	broche 3	broche 2	3FCh	2FCh	3ECh	2ECh	0	I
RTS	broche 4	broche 7	3FDh	2FCh	3ECh	2ECh	1	O
CTS	broche 5	broche 8	3FEh	2FEh	3EEh	2EEh	4	I
DSR	broche 6	broche 6	3FEh	2FEh	3EEh	2EEh	5	I
RI	broche 22	broche 9	3FEh	2FEh	3EEh	2EEh	6	I
DCD	broche 8	broche 1	3FEh	2FEh	3EEh	2EEh	7	I

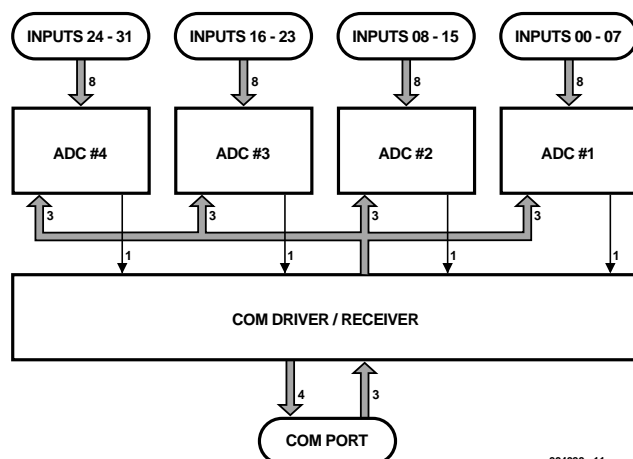


Figure 1. Synoptique de la carte d'entrée analogique à 32 canaux pour le port RS-232.

registre UART (cf. **tableau 2**).

Les niveaux de tension utilisés par le port sériel (RS-232) sont différents des niveaux TTL. Ainsi, un « 1 » logique est représenté par une tension de -12 V , alors qu'un « 0 » logique prend la forme d'une tension de $+12 \text{ V}$ (valeurs nominales).

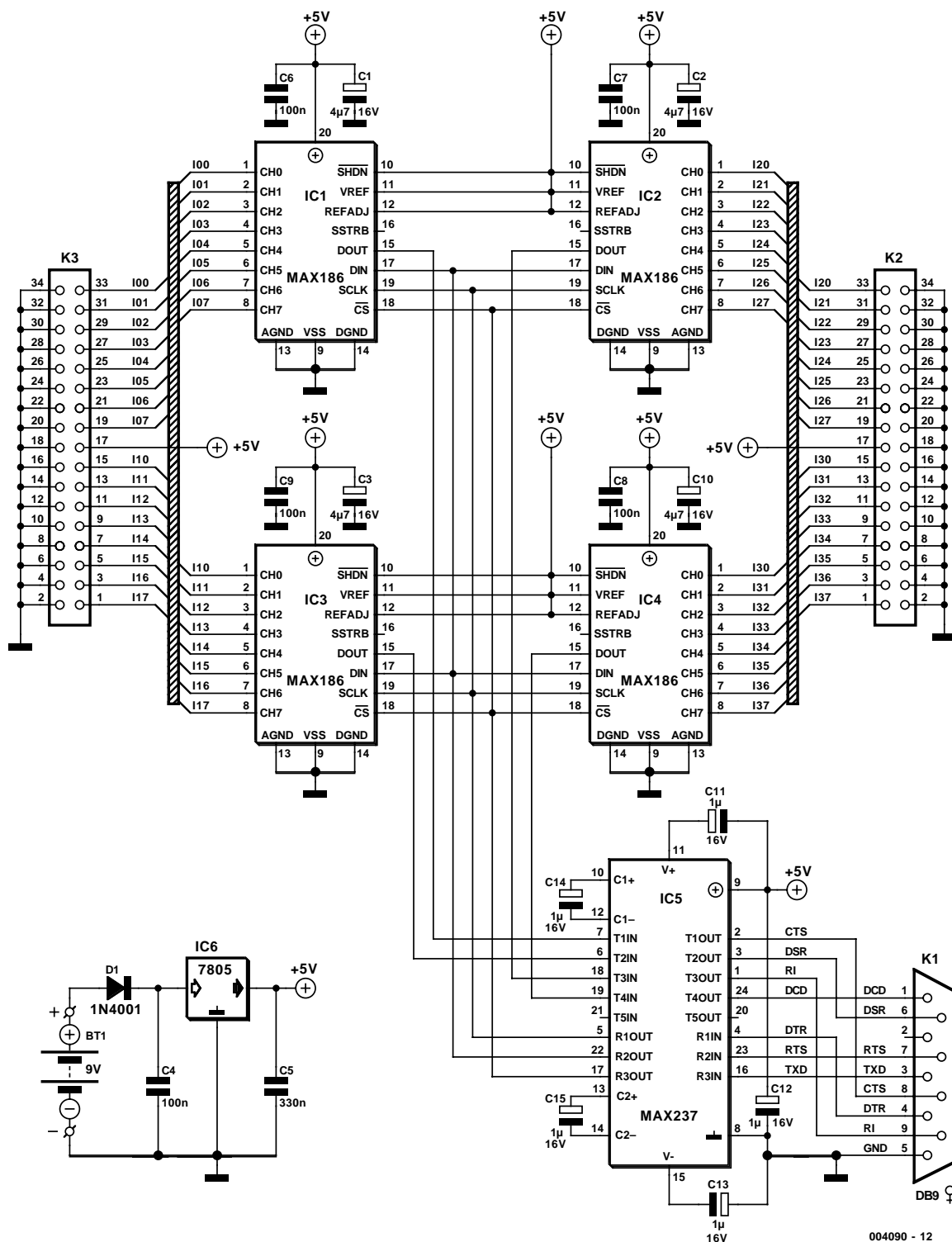
Le matériel

Si l'on prend le synoptique du circuit représenté en **figure 1** comme référence, les

Tableau 3. Attribution des canaux sur K2/K3.

K3		K2	
Canal	Numéro de broche	Canal	Numéro de broche
00	33	16	33
01	31	17	31
02	29	18	29
03	27	19	27
04	25	20	25
05	23	21	23
06	21	22	21
07	19	23	19
08	15	24	15
09	13	25	13
10	11	26	11
11	9	27	9
12	7	28	7
13	5	29	5
14	3	30	3
15	1	31	1

entrées ont été subdivisées en 4 groupes de 8 entrées (00 à 07, 08 à 15, 16 à 23 et 24 à 31), chacun de ces groupes étant relié à un sous-ensemble de conversion (CAN) identifiée par l'une des lettres A à D. Les 4 lignes de sortie du CAN sont transférées à l'unité de commande/réception COM chargée de la conversion d'un niveau TTL à un niveau RS-232. 4 entrées sont utilisées sur le port sériel : CTS, DSR, RI, et DCD. 3 sorties du port sériel (TXD, DTR, RTS) servent à la sélection des entrées que l'on veut lire (par l'intermédiaire du protocole de communication des CAN). Après conversion de RS-232 à TTL, le groupe de signaux sélectionnés est transféré aux entrées choisies du CAN.



004090 - 12

Figure 2. L'électronique de la carte CAN à 32 canaux.

L'électronique en pratique

Sur le schéma de la carte CAN représenté en **figure 2**, les 32 entrées ont été réparties entre les embases K2 et K3. Le **tableau 3** donne la correspondance entre les entrées et les broches des embases.

Toutes les entrées des embases vont direc-

tement aux entrées des 4 CAN de type MAX186, IC1 à IC4, sans la moindre résistance de terminaison, qu'elle soit de forçage au niveau haut (*pull up*) ou au niveau bas (*pull down*). Cette absence permet à l'utilisateur d'utiliser le type de terminaison qui convient le mieux à l'ap-

plication concernée. Chacune des paires de condensateurs C1/C6, C2/C7, C3/C9 et C10/C8 comprend un condensateur céramique (ou MKT) de 100 nF associé à un condensateur électrochimique de 4µF7 pris en parallèle. Ces paires de condensateurs remplissent une

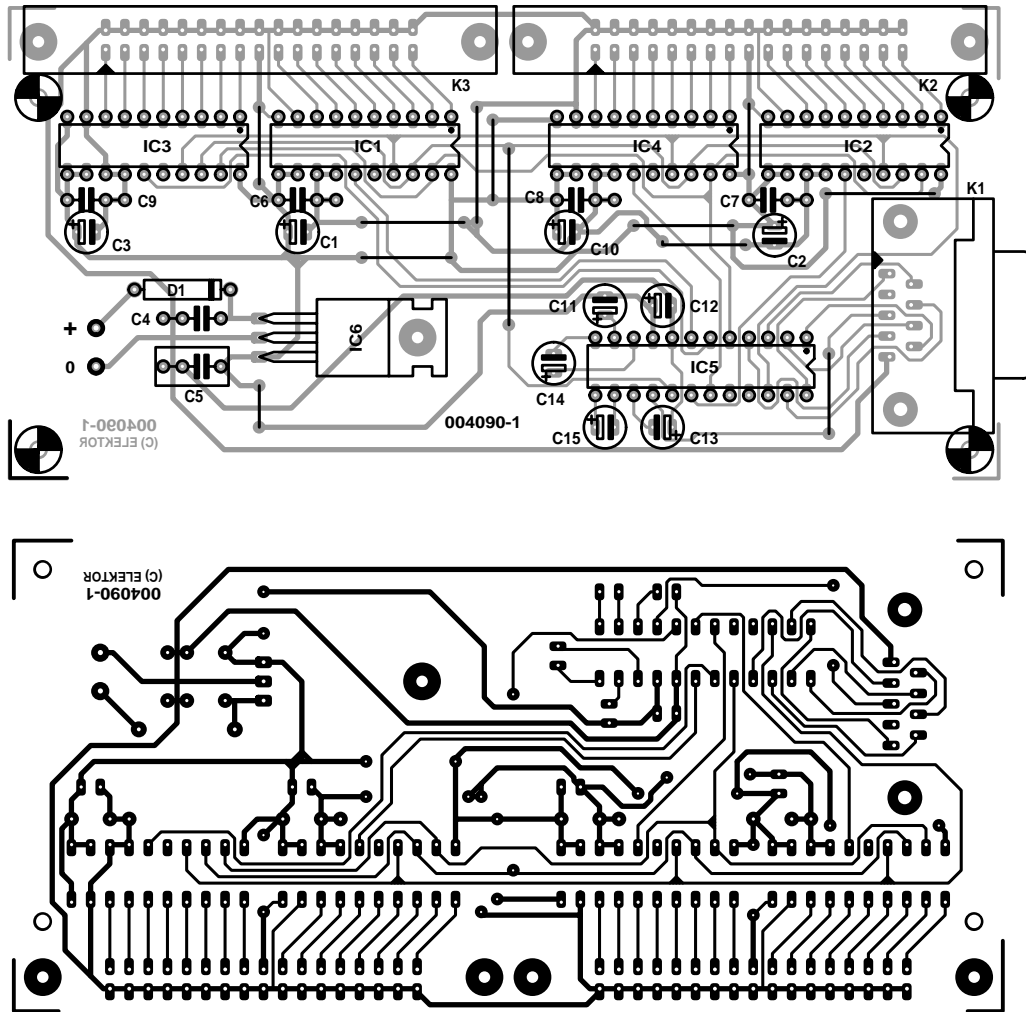


Figure 3. Dessin des pistes et sérigraphie de l'implantation des composants de la platine dessinée à l'intention de ce projet.

Liste des composants

Condensateurs :

C1 à C3, C10 = 4 μ F/16 V radial
C4, C6 à C9 = 100 nF
C5 = 330 nF
C11 à C15 = 1 μ F/16 V radial

Semi-conducteurs :

D1 = 1N4001
IC1 à IC4 = MAX186-CPP (Maxim)
IC5 = MAX237CNG (Maxim)
IC6 = 7805

Divers :

K1 = embase sub-D à 9 contacts
encartable femelle en équerre
K2,K3 = embase HE-10 mâle à
2 rangées de 17 contacts

fonction double, de découplage de la tension d'alimentation d'une part et de suppression du bruit basse-fréquence (BF) et haute-fréquence (HF) de l'autre, améliorant ainsi la stabilité du circuit.

Le dernier sous-ensemble est l'unité de commande/réception COM dotée de son propre régulateur de tension de manière à éviter d'avoir à doter la carte d'une alimentation régulée pour qu'elle fonctionne. Sur le schéma, le MAX641/642/643 37, IC5, travaille en circuit de commande (pilote)/récepteur RS-232. Il convertit 3 canaux de RS-232 vers TTL et 5 canaux dans le sens inverse, de TTL à RS-232. Le MAX641/642/643 37 utilise les 5 condensateurs C11 à C15 (1 μ F) pour un doublement de la tension. Ce processus est nécessaire de façon à permettre à la section pilote de produire, à partir de la ten-

sion d'alimentation de 5 V, la tension de 10 V requise par les 5 sorties RS-232. Le MAX237 comporte un inverseur dans chaque canal. IC6, un régulateur de tension monolithique classique du type 7805, associé aux condensateurs satellite C4 et C5 abaisse la tension d'alimentation brute à une tension de 5 V régulée. La diode D1 protège l'électronique contre toute inversion malencontreuse de la polarité de la tension d'alimentation. Le montage pourra être alimenté à l'aide d'une pile compacte de 9 V.

La construction

La solution la plus simple pour réaliser ce projet est d'utiliser le circuit imprimé dont on retrouve le dessin des pistes et la sérigraphie en **figure 3**. Cette platine (**EPS004090-1**) est disponible auprès des adresses habituelles. La construction de ce projet ne devrait pas poser de problème pour peu que l'on fasse concorder la sérigraphie de la platine avec la

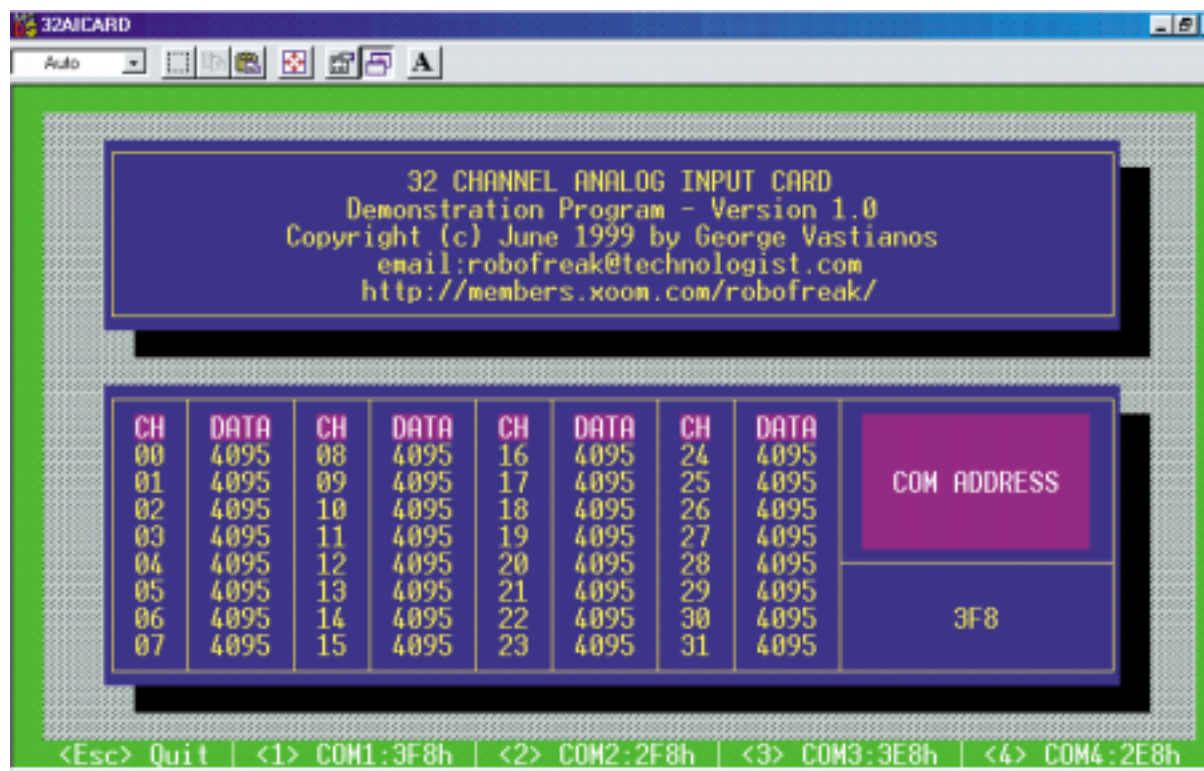


Figure 4. Le programme de démonstration au travail.

liste des composants. On notera la présence de 12 ponts de câblage. Bien qu'un pont de câblage soit l'un des composants les plus faciles à monter, l'expérience nous a appris qu'il est fréquent d'en oublier l'un ou l'autre et que, partant, nombres de problèmes de dysfonctionnement des projets publiés dans ce magazine sont à imputer à un oubli à ce niveau. Il est donc judicieux de commencer par mettre en place ces fameux 12 ponts de câblage avant de passer à l'implantation du reste des composants.

Le régulateur 7805 n'est chargé que faiblement par le circuit et pourra de ce fait se passer de radiateur.

Attention à l'orientation des composants à polarité définie (diodes, condensateurs électrochimiques). Nous recommandons l'utilisation de supports pour tous les circuits intégrés exception faite bien évidemment du régulateur 7805.

Le logiciel

Le programme assurant la communication avec la carte a été développé en QBASIC. La routine de communication a été baptisée CARD32AI ; nous vous en proposons le code-source dans la section Téléchargement de notre site (numéro 276 - juin 2001).

Il est possible d'appeler cette routine depuis n'importe quel programme écrit en QBASIC à

condition de respecter la syntaxe suivante :

```
CALL CARD32AI (COMADDRESS,
CHANNEL ())
```

instruction dans laquelle

COMADDRESS est la variable de type entier (*integer*) contenant, avant qu'on ne l'appelle, l'adresse de base du port sériel. Les valeurs probables de cette variable sont &H3F8 pour COM1, &H2F8 pour COM2, &H3E8 pour COM3 et &H2E8 pour COM4. CHANNEL () est la variable matricielle (*matrix*) de type entier (à pointeurs allant de 0 à 31), qui, après qu'il y ait été fait appel, contiendra la valeur arithmétique de chacun des différents canaux, valeurs allant de 0 à 4095.

Nous avons développé un programme de démonstration pour vérifier le fonctionnement de la carte. La copie d'écran représenté en **figure 4** vous montre ce programme en action. Il suffit, pour changer l'adresse du port sériel, d'actionner les touches « 1 » à « 4 ». Pour quitter le programme il suffira d'appuyer sur la touche « Esc ».

Téléchargement gratuit

Le code-source de la routine de communication (CARD32AI . SUB) et le programme de démonstration (32AI CARD . BAS), ainsi qu'une version exécutable du programme de démonstration (32AI CARD . EXE) ont été compactés en un seul fichier .zip que l'on pourra télécharger depuis le site de l'auteur à l'adresse Internet :

www.robofreak.xs3.com

ou de la section Téléchargement de notre site (numéro 276 - juin 2001) à l'adresse connue de nos lecteurs fidèles :

www.elektor.presse.fr.

À la demande expresse de l'auteur, nous ne pouvons pas fournir de disquette avec le logiciel du projet. Ceux d'entre nos lecteurs qui voudraient mettre la main sur ce programme mais qui n'ont pas accès à Internet sont priés d'adresser un courrier postal classique au Rédacteur en Chef de ce magazine.

(004090-1)

Mini-serveur Web

2^{ème} partie : Astuces de programmation pour piles TCP/IP dans des serveurs Web

Dipl.-Ing. Peter Stuhlmüller

La clef de la réalisation d'un mini-serveur Web est la programmation de la pile TCP/IP. Bien qu'il s'agisse là d'un processus sévèrement régulé, il n'en reste pas moins une certaine pluralité de solutions lorsqu'il s'agit de réaliser cette fameuse pile TCP/IP.

Quels modules logiciels un serveur Web doit-il comporter ? Le Client est un utilisateur standard d'Internet ou d'Intranet et s'y connecte par le biais d'un logiciel d'accès classique (AOL, Worldonline...). Après le déroulement classique du processus de connexion l'utilisateur se trouve sur la page d'accueil de son fournisseur d'accès (*provider*), page visualisée par son butineur.

Le premier morceau de la liaison est ainsi non seulement mis en place mais également actif. À partir de là il serait possible d'accéder, au cours de l'étape suivante, à notre serveur Web enfoui (*embedded*). Après établissement de l'accès, d'une connexion donc, le serveur Web envoie, par le biais du réseau, sa page standard vers la station client. L'accès comporte une vérification de l'identité du client comme barrière de sécurité minimum.

La figure 3 de la première partie de cet article (publiée le mois dernier) illustre ce processus. À chaque fois, le choix du protocole correct a une importance capitale.

Sous une forme très simplifiée, la **figure 1** illustre le noyau de l'ensemble de l'orientation dans le flux de l'information. Une fois que le paquet d'information a quitté le serveur il passe, au minimum, par un routeur-IP. Le NAP (*Network Access Protocol*) représente la forme de la connexion sur le plan physique. Cette liaison peut se faire soit en analogique, soit en numérique sur ISDN ou en ADSL, une technologie relativement récente en cours de développement dans l'Hexagone. Un second facteur exerçant une influence sur la consti-

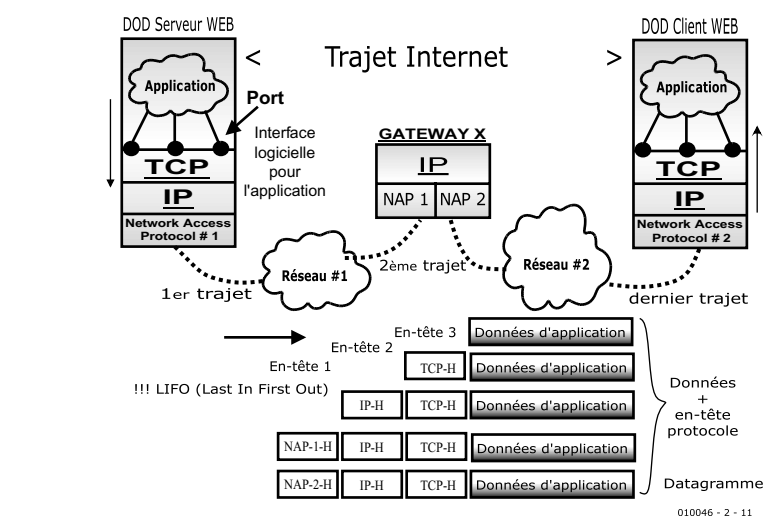


Figure 1. Diagramme synoptique du flux des informations d'un datagramme allant du client vers le serveur par le biais de 2 LAN distincts et d'un Gateway utilisé en station intermédiaire.

tution du logiciel est la structure du matériel qui constitue le serveur (mono-station ou réseau). La consistance des données constituant une page d'information sera influencée par ce facteur.

La mise à disposition sur le Web d'une page d'information implique, tout d'abord, une conversion de la page de texte en format HTML (*HyperText Markup Language*). Le programme Word 2000 de Microsoft

est doté de cette capacité de conversion. Il s'agit de définir l'aspect que prendront les pages Web sur le serveur Web (qui est lui orienté matériel). L'intégration de graphiques et de tableaux dans des textes parfaitement structurés peut, le cas échéant, requérir l'utilisation du nouveau standard XHTML doté de l'extension CSS (*Cascading Style Sheets*). Ce nouveau standard permet d'influer sur le détail du texte,

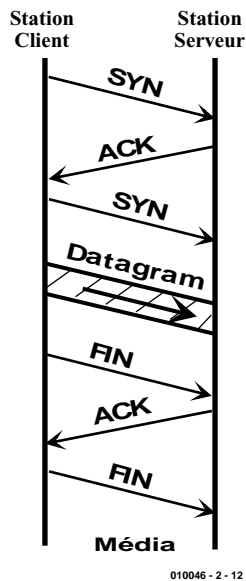


Figure 2. Les protocoles Internet utilisés couramment font appel à un acquittement 3 voies entre 2 stations pour l'établissement et la clôture d'une interconnexion.

de jouer sur l'espacement entre les éléments d'une page, d'attribuer des couleurs, de placer des fenêtres et de tirer des lignes, sans même parler de la possibilité de placer des boutons de sélection à cliquer, partout où on le voudrait.

Dans le cas de notre serveur Web, nous n'utilisons ni Windows ni Linux (le processeur ne supporte pas Linux), mais un système d'exploitation similaire au DOS, pour la simple et bonne raison qu'il s'agit d'un matériel sans disque dur mais avec un disque Flash (structure illustrée par la figure 5 de la première partie). On pourra envisager l'utilisation de **Windows CE 3.0** de Microsoft ou encore de **VxWorks** de Windriver, tous les deux intégrés dans de la mémoire Flash qui fera office de mémoire de programme. On dispose, pour chacune de ces solutions, d'outils adéquats, pour convertir une page d'information en une page Internet. La page Web commence par être créée sur le PC avant d'être également stockée, à côté du reste, dans la mémoire Flash sous la forme d'un tableau (X)HTML. Le Système d'Exploitation (SE = OS pour *Operating System*) traite alors ce script comme s'il s'agissait d'un bloc de données et y ajoute, le cas échéant, des valeurs de données (valeurs de

mesure) réactualisées mises en tableaux ou graphiques de façon à ce que le butineur côté Client puisse convertir l'ensemble du paquet de données en une page Web. Cette page comportera alors tant des zones fixes que des variables à la mise en page de type Web. Ce processus se passe purement au niveau de l'application dans le SE, voire le DOD. Il sera possible, par le biais de la page d'accueil, de créer différentes pages sous-jacentes.

Les scripts HTML offrent une possibilité de réaliser des liens simples (noeuds et relais). Nous n'entrerons cependant pas, dans le cadre de cet article, dans les arcanes de ce thème.

Acquittement ou non ?

L'accès peut se faire par HTTP ou encore, sous une forme plus directe, via un FTP (*File-Transfer-Protocol*) au niveau du serveur Web. Il est impératif, dans les 2 cas, de disposer d'une adresse IP. Le point crucial se situe au niveau du choix du protocole adéquat requis par le serveur Web. Il s'agit de définir quel sera le type d'acquittement à utiliser entre le Client, le routeur et le serveur. Il existe des protocoles qui reposent sur une liaison, mais également d'autres qui ne demandent rien de plus qu'une connexion physique. Le Client commence par « prendre la parole », c'est-à-dire qu'il contacte le serveur. Il n'y a pas d'acquittement du premier contact. Une fois la connexion au serveur (il s'agit du serveur enfoui privé et non pas d'un serveur Internet standard) réussie, il devient possible, par une réponse d'acquittement de la « Cible », de réaliser un trajet de liaison virtuel, cette solution n'étant cependant pas à la portée de tous les types de protocoles. Une liaison virtuelle est une liaison point à point établie par voie de logiciel avec une composante plus ou moins importante d'acquittement. Il ne s'agit en aucun cas d'une liaison fixe telle que l'est une liaison entre 2 points d'une connexion RS-232. C'est en fait le type d'application qui définit la fixité que devra avoir la liaison point à point.

Les protocoles TCP/IP sont plutôt à considérer comme apparentés à RS-232C (c'est-à-dire asynchrone). Il faut

commencer par synchroniser les 2 points de la connexion. Ceci se fait à l'aide d'un indicateur SYN (SYN=1). L'échange bidirectionnel prouve que la liaison est effectivement réalisable. Le mécanisme d'acquittement 3 voies normal (*handshake*) concerne l'établissement d'une liaison pour un datagramme. Une fois le premier acquiescement par l'indicateur ACK (*Acknowledge*) écoulé, on aura envoi effectif du datagramme et, en fonction de la situation, clôture de la connexion. Il n'y a pas, pour l'instant, acquittement additionnel du datagramme proprement dit, la liaison étant close par l'indicateur FIN (figure 2).

Pour la transmission, des quantités importantes de données sont découpées en paquets. Le destinataire peut alors demander à l'expéditeur le numéro de séquence, c'est-à-dire la partie suivante de l'ensemble du paquet (*frame*). Cette capacité dépend elle aussi beaucoup du protocole utilisé.

C'est dans ce cadre que l'on se trouve confronté aux notions de SLIP, PPP, PPTP, TCP, UDP, ports et sockets, des termes spécialisés qui décrivent les protocoles de liaison à différents niveaux en direction des applications Web concernées et du logiciel servant à l'activation des protocoles.

Les numéros de port servent à l'identification. Le tableau 1 récapitule les éléments les plus souvent utilisés en programmation. SLIP joue un rôle plus important en raison de l'accès intégré et parce qu'il a été attribué par le biais du datagramme mis, en fin de processus, sur Internet.

Le protocole UDP est plutôt utilisé dans les occasions où le nombre de réponses d'acquittement doit rester faible. On a inévitablement des réponses dues au test de plausibilité mais leur nombre est sensiblement limité en raison du type du protocole. On accepte qu'il y ait des erreurs. Après écoulement d'un temps de repos adéquat, dans l'attente d'une réponse, il peut y avoir, réémission de la demande, soit encore tout simplement demandé au Client de répondre. TCP ne plus ne garantit pas non plus en toutes circonstances une transmission du module de données du paquet sans la moindre erreur, bien que ce protocole puisse prétendre à un standard de sécurité de transmission relativement élevé. Le mode d'acquittement garantit, dans la plus petite des phases, un niveau de sécurité élevé. La fonction d'acquittement doit être limitée pour éviter d'augmenter de façon trop importante le temps de transfert. Il ne sert à rien d'acquiescer des données transmises à un taux de correction de 99,9% sachant qu'un excès d'acquittement aurait sinon vite fait d'encombrer le réseau Internet au point de le paralyser.

Le nombre de protocoles différents est, lors

de la programmation, une composante très importante de ce processus. Pour éviter des problèmes on fait tout simplement appel à des modules existants et au fonctionnement garanti. Cette approche permet de gagner du temps et assure une compatibilité. Comme l'illustre l'en-tête TCP/IP, cet appel se fait par le biais de *sockets*.

Datagramme et primitives de service

Il est important, pour la programmation de la pile TCP/IP, de tenir compte du fait suivant : on a envoi, par le biais du réseau Internet, d'une demande destinée à un participant donné (notre serveur Web en l'occurrence). Au cours de cette opération un certain nombre de blocs de données y compris différents en-têtes de protocoles des niveaux protocolaires plus élevés, réunis sous la forme d'un datagramme, se déplacent en direction du premier partenaire de commutation (= le premier hôte (*Host*) Internet voire routeur accessible). C'est la tâche du protocole de connexion point à point. Le logiciel de terminal utilisé (il en existe plusieurs) transmet la totalité du datagramme.

On comprend ainsi qu'au niveau de la station Client, la seule fonction du logiciel de la pile de protocole est de composer exactement comme il le faut ce datagramme et d'assurer le transfert. La communication entre les partenaires est, à cet instant, unidirectionnelle, la transmission du datagramme se fait donc sans acquittement ce qui fait qu'elle n'est pas fiable à 100%. Il n'en reste pas moins que la probabilité d'erreur est, nous dit l'expérience, négligeable. C'est tout pour le moment.

Le protocole Internet est, au niveau de datagramme IP, défini de façon très détaillée. Il définit des conditions fonctionnelles connues sous la dénomination de primitive de service et de paramètre. Ces primitives de service sont des services rendus dans le niveau en cours voire mis à disposition. Il a été défini 2 services de base pour l'IP : un service d'émission et un service de réception.

Le **service d'émission** utilise les paramètres suivants :

adresse d'origine (*source*), adresse de destination (*destination*), protocole, indicateur de type de service (*type of service*) identificateur, indicateur de non-fragment, valeur de durée de vie, longueur des données, options et pour finir le contenu des données proprement dit.

Le **service de réception** reçoit le datagramme et utilise à cet effet les paramètres suivants : adresse d'origine (*source*), adresse de destination (*destination*), protocole, indicateur de type

de service (*type of service*), longueur des données, options et contenu des données.

Le logiciel Terminal reste, après émission du datagramme du Client, en mode actif et attend un message retour qui devrait déjà contenir une réponse du (de notre) serveur Web. On trouve, dans les données structurées du datagramme l'information transmise au serveur Web quant à la page d'information qu'il doit mettre à la disposition du Client, c'est-à-dire, dans le cas présent la page qu'il lui faut envoyer en tant que réponse.

Côté serveur Web, le logiciel de terminal est pratiquement actif en permanence, mais installé de façon à ne consommer, au repos, qu'un temps calculateur insignifiant. Si, partant, il arrive, du côté de la page Internet, une demande au serveur Web, la pile TCP/IP traite le service de réception et répond par l'envoi d'un datagramme propre au serveur dans le cadre de son service d'émission. En fonction de l'application, le socket reste actif ou est ensuite mis en sommeil.

La signification des numéros de port en combinaison avec les sockets constituent l'interface propre des procédures d'attribution (également connues sous la dénomination de API (*Application Program Interface*)). Dans le cas du serveur Web cela signifie qu'il lui faut, après demande de la station Client, envoyer en réponse une page d'information. Cette fonction est d'une importance capitale pour celui qui aura à programmer la pile TCP/IP.

Système d'exploitation VXWORKS ou WINDOWS CE 3.0

La lecture de ce que nous venons d'écrire peut donner l'impression que TCP/IP est loin d'être simple. Tout dépend de l'angle d'approche. Si l'on ne dispose pas, dans le cas d'un programme moniteur de son propre cru destiné à du matériel à base de microcontrôleur, d'un socket TCP/IP, il est important de faire le bon choix quant aux éléments réellement nécessaires (les protocoles). On pourra les choisir, par exemple, à base de code libre (dans des biblio-

thèques UNIX ou LINUX par exemple) pour les intégrer à son propre programme de microcontrôleur (programme moniteur). Cette tâche de recherche demande du temps mais vaut la peine dans la plupart des cas.

Si l'on utilise, dans le cadre d'un projet de serveur Web, par exemple le système d'exploitation VxWorks de Windriver à base de Flash, la réalisation devient (presque) un jeu d'enfant, pour la simple et bonne raison qu'il intègre déjà le TCP/IP. Il ne reste partant plus qu'à appeler soi-même les sockets et de tenir compte, dans la procédure, des conditions et des numéros de port correspondants.

Il n'y a pas de doute, lorsqu'il s'agit de commande à distance, Windows CE 2.12 et 3.0 constituent une approche idéale. Win CE est un SE spécialement conçu pour les applications de télécommande, SE développé par Microsoft qui tenait à avoir son entrée dans le monde des applications industrielles. Ce système d'exploitation supporte une commande à distance (*remote access*) par l'implémentation de pilotes LAN (*Data-Link-Layer* niveau 2) ainsi que des liaisons large zone (*Wide area*, Internet et/ou sans fil).

La pile TCP/IP avec support Win socket, procédures d'accès et PPP, SLIP, CSLIP, PAP, CHAP et TAPI est obligatoire. Il existe différents exemples d'activation de sockets tournant sous Win CE. On a tout fait pour simplifier la tâche de l'utilisateur !

Win CE dispose d'un générateur de plate-forme (*platform builder*) séparé avec logiciel de définition et de lien à nombreux dialogues, qui se charge, dans des cas parfaitement définis, de la préparation des accès à Internet. Il interconnecte tous les éléments-clés du SE requis de façon à ce que le résultat puisse être adapté très précisément aux besoins de l'application concernée.

Win CE propose un trajet de réalisation de piles TCP/IP qu'il ne saurait être question d'ignorer dans le cas d'applications professionnelles.

Si, à l'inverse, on décide de construire sa pile TCP/IP à base de bibliothèques UNIX/LINUX les choses peuvent se compliquer très sensiblement.

(010046)

Dans la troisième partie de cet article
à paraître dans le numéro double de

Juillet/Août, nous nous intéresserons
à l'aspect pratique, c'est-à-dire à la

programmation d'un mini-serveur Web exis-
tant dans la réalité.

Protocoles Services	Signification
SLIP	Serial Line Internet Protocol > Supporte l'accès direct par procédure de sélection, à Internet ou à un réseau TCO/IP; ne supporte pas de fonction d'adresse IP dynamique ou de dispositif de sécurité ; travaille comme interface Internet vers le modèle de référence DOD (Interface à 4 niveaux : 4 Application, 3 Transport, 2 Internet, 1 Interface réseau pour transmission physique > Ethernet IEEE803.3, Token Ring, FDDI, PPP, Frame Relay et X.25)
Couche de protocole pour niveau DOD	Le modèle de niveaux Department of Defense comprend les TCP et UDP dans le niveau de transfert. Le niveau d'application (4) supporte les protocoles FTP, HTTP, Telnet, NFS, SMTP, NNTP, SNMP et DNS. Le niveau Internet (2) supporte IP, ARP, DHCP, ICMP et IGMP ainsi que RIP et OSPF.
IPX/SPX	IPX/SPX constitue le standard Novell pour Internet correspondant à TCP/IP en tant que protocole pour le standard UNIX commun.
PPP	Point-to-Point Protocol > supporte la sélection directe par le biais de l'en-tête TCP/IP, offre la reconnaissance (authenticité) et, contrairement à ce qui est le cas avec SLIP, la fonction d'adresse IP dynamique, la correction d'erreur.
PPTP	Le Point to Point Tunneling Protocol permet l'émission de paquets en provenance d'un réseau privé (distinct), données ayant fait l'objet d'un cryptage et d'une transmission sur un réseau ouvert (sur Internet) au travers d'un tunnel pratiquement.
FTP	Le File Transfer Protocol transporte des données entre des clients et des serveurs, données qui permettent également la commande extérieure à distance d'une station via une liaison câblée ou par réseau.
TFTP	Le Trivial File Transfer Protocol constitue la forme de transfert de données la plus simple; elle utilise le port UDP 69. TFTP ne supporte pas de gestion de fichier, de noms d'utilisateurs ni de mots de passe de protection, ces possibilités étant cependant offertes par FTP.
UDP	Le User Datagram Protocol est enfoui dans le niveau de transport du DOD, travaille en liaison unidirectionnelle, de la station client par exemple directement vers le premier (suivant) calculateur-hôte Internet et pas (!) dans une liaison virtuelle, éviter les réponses de retour et possède de ce fait une complexité faible. Est considéré comme moins sûr que TCP. UDP amenuise la puissance de calcul du contrôleur. UDP pourra servir pour des liaisons peu critiques. Il n'est pas envisagé de liaison fixe.
TelNET	Permet au Client, sous la forme d'une station de terminal, de travailler ; est courant dans le cas des hôtes UNIX, mais n'a guère de signification dans le cas de serveurs Web enfouis.
HTTP	Le HyperText Transfer Protocol est le protocole de transfert type du WWW (World Wide Web) pour les documents écrits en (X)HTML.
Port	Numéros d'appels existant au niveau de la couche d'application destinés à certains services offerts sous TCP/IP. Vaut tant pour le protocole TCP que UDP. Exemples de ports : TCP Port 21 = FTP, Port 23 = Telnet, Port 80 = http (Web); UDP Port 53 = DNS, Port 69 = TFTP, Port 161 = SNMP
socket	Interface logicielle pour des adresses IP spécifiques et des combinaisons de ports à l'intention d'applications particulières en couche 4 du DOD. Le processus/service socket est un appel au niveau de la couche application. Les sockets restent actifs tant côté émetteur que côté récepteur tant que dure l'interconnexion.
CIDR	On utilise Classless Inter Domain Routing dans le cadre de modèles Super-Net (plusieurs réseaux à adresses IP distinctes) pour l'intégration dans un réseau de manière à compacter et limiter les tableaux d'adresse, ce qui se traduit par une réduction de la taille des tableaux de routage; est utilisé par la majorité des routeurs sur Internet.
NAT	Le Network Address Translation convertit une adresse de réseau privé en une adresse Internet globale à attribution valide; aura une signification importante pour des serveurs Web pris en réseaux.
ARP	Le Address Resolution Protocol est utilisé dans la couche 2 de DOD (= Internet) et assure la conversion des adresses IP en adresses matérielles physiques; est également supporté par Win CE. ARP correspond avec les adresses d'adaptateurs de réseaux tels que contrôleurs Ethernet; possède une grande importance au niveau de tous les noeuds LAN.
IGMP	Le Internet Group Management Protocol organise des groupes de noeuds, supporte des messages en vue de commande ou de diagnostic en réseau, sert plus particulièrement dans le cas d'applications Multicasting.
ICMP	Le Internet Control Message Protocol supporte des messages à fin de diagnostic, en particulier lorsqu'un réseau, un hôte ou un port est impossible à joindre. Est utilisé avec l'instruction Ping.
RTO	Le temporisateur (timer) Retransmission Time Out sert, principalement, en TCP, sachant qu'une fois écoulée la durée qu'il définit, on procède à une nouvelle émission du datagramme, sachant qu'il est fort probable que la première transmission ait raté.
DHCP	Le Dynamic Host Configuration Protocol fournit une attribution dynamique d'un nombre important d'adresse IP en provenance d'applications pour une utilisation directe sur Internet, est installé en tant que serveur DHCP sur les systèmes WinNT et accroit les options administrateur. Est à prendre en considération lorsque le système de serveur Web a installé un serveur de réseau WinNT-TCP/IP.
SMTP	Le Simple Mail Transport Protocol utilise le message de courrier électronique comme système de transfert inter-réseaux.
SNMP	Le Simple Network Management Protocol est utilisé comme gérant de réseaux dans les LAN, pourra peut-être requérir une certaine attention dans le cas de serveurs Web lorsqu'ils sont intégrés dans un LAN.
NNTP	Le Netnews Transfer Protocol est utilisé pour l'émission et la réception de groupes de nouvelles (messages). Utilisé par exemple USENET.
NFS	Network File System permet la réunion de répertoires de fichiers (directories) de stations externes sur un système de fichiers local; convient plutôt à des applications UNIX.
Virtual circuit	Est utilisé plus spécialement dans le cas de protocoles orientés liaison, appuyant sur les réponses de retour et la communication d'acquiescement. On établit une liaison logicielle quasi-temporaire entre le client et le serveur, un peu à l'image d'une liaison fixe virtuelle.
Internetwork	Est l'interconnexion de plusieurs réseaux (locaux) en vue de constituer un réseau cohérent; ne désigne pas Internet lui-même.
ISDN	Integrated Services Digital Network: codage numérique de la ligne téléphonique.
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line: ligne téléphonique à taux de téléchargement descendants (download) allant jusqu'à 500 Kbits/s.
LAN	Local Area Network: réseau Ethernet ou Token-Ring.
WAN	Wide Area Network: Couplage de LAN et d'hôtes de réseau.

ForTan

Partie 3. Réalisation en 7 étapes

Thomas Müller

www.radixgmbh.de

Il est temps de passer à la construction de ForTan. Toutes les pièces mécaniques s'emboîtent à la perfection. Les seuls facteurs dont vous ayez la responsabilité sont une bonne dose de patience dans votre travail, un respect scrupuleux des étapes successives et une propreté irréprochable de la surface de travail.

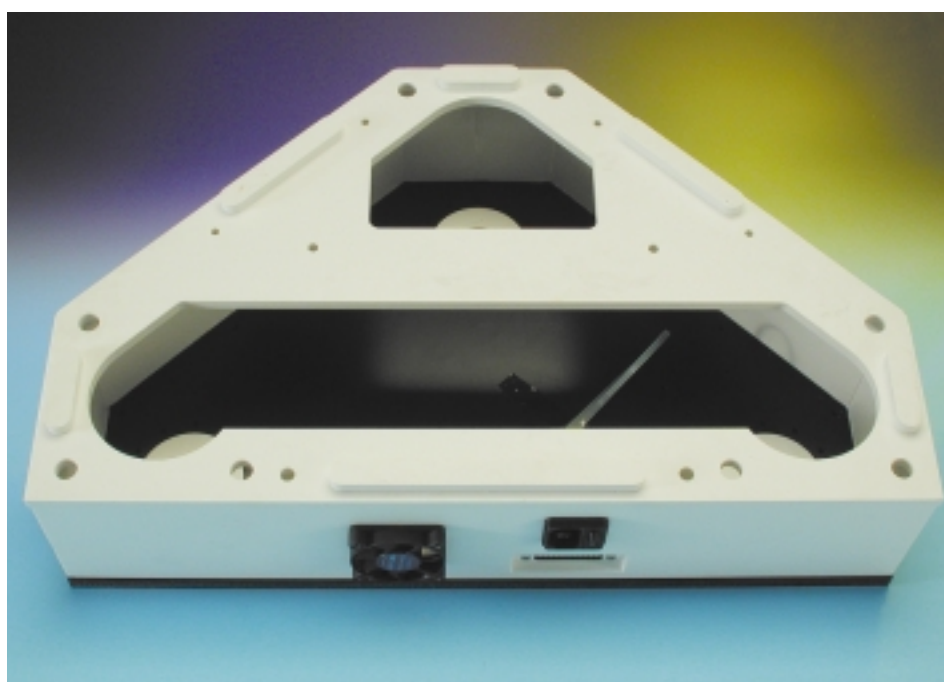


Figure 1. Le caisson destiné à recevoir la mécanique, déjà doté de certains des composants.

Le kit mécanique de ForTan se compose de pièces parfaitement préfabriquées, percées et fraisées qu'il ne reste plus qu'à assembler. Le kit comporte toutes les pièces nécessaires pour la fabrication d'un exemplaire de ForTan doté d'un seul bras-outil, y compris toute la visserie et la « colle ». Le kit ne comprend pas les éventuels outils (perceuse, fraiseuse) dont

vous voudriez doter, ultérieurement, votre ForTan.

La société Radix propose pour l'assemblage de ForTan, un set d'outillage à commander à part, set qui comporte tous les outils à la bonne taille nécessaires : tournevis à embout cruciforme et lame, un assor-

timent de clés mixtes et autres cutters et chiffons microfibres. Cet outillage d'excellente qualité pourra être rangé pour ne servir qu'à la construction de ForTan et être à portée de main si le besoin s'en faisait sentir ou finir avec le reste des outils dans la caisse de même nom.

Il sera possible de reséparer les différentes pièces, exception faite bien entendu de celles fixées à l'aide de colle; l'ordre de construction des différentes pièces mécaniques n'a pas une importance vitale, mais l'expérience nous a appris qu'il existe une succession d'étapes non seulement plus logique mais qui a en outre l'avantage de faciliter la réalisation. Prenons-les dans l'ordre.

Mesures préliminaires

Toutes les pièces destinées à être collées l'une sur l'autre sont dotées de rainures ou des profils fraisés qui en permettent le glissement dans les dites rainures. Les pièces fournies sont parfaitement dégraissées et propres ne requérant partant pas d'être nettoyées. Il va sans dire que tout contact avec les endroits destinés au collage est à éviter en raison des risques de pollution qu'il implique, encrassement qui affaiblit très sensiblement la solidité du collage.

Après fraisage il reste toujours dans certains endroits de minuscules particules et autres copeaux qu'il faudra veiller impérativement à supprimer. Il suffit, bien souvent de secouer vigoureusement la pièce pour obtenir le résultat escompté. On pourra également utiliser de l'air comprimé (8 bar et plus). Cette seconde option n'est envisageable qu'à condition que l'air comprimé en question ne comporte pas la moindre particule d'huile. Il vous faudra, sachez-le, si vous tachez vos pièces à l'huile, les mettre à la poubelle et en commander un nouveau set. Nous avons constaté que l'une des solutions les plus efficaces consiste à utiliser une brosse à dents raide à poils durs (nous n'avons pas à nettoyer des tomates...). Nettoyez bien les coins et les fentes jusqu'à ce qu'ils soient parfaitement propres. On pourra supprimer d'éventuelles ébarbures à l'aide d'un cutter bien aiguisé. Il vous faudra, pour l'assemblage, une surface de travail propre d'au moins 50 cm x 50 cm. L'un des meilleurs supports possibles est une chute de formica lisse utilisé dans les cuisines, surface que l'on peut avoir à faible coût, voire gratuitement. Il est préférable d'éviter le contreplaqué vu qu'il est rarement parfaitement plan, suffisamment lisse et propre.

Utiliser la bonne colle

Le collage permet d'obtenir une meilleure rigidité et une stabilité plus grande que ne le permettrait une fixation par vis. La construction a la même solidité que si elle était constituée d'une seule pièce. Il faut laisser un minimum de 24 heures de séchage à tous les collages sous peine de mettre en danger la solidité de la construction. L'ensemble du montage, avec ses phases de collage et de vissage, requiert de ce fait logiquement un minimum de 2 jours. En fait, il n'est pas exact de parler de collage, il s'agit plus d'une opération de soudure des surfaces de plastique en contact. Ceci ne peut réussir qu'à condition que le matériau servant de colle et les plastiques utilisés soient parfaitement accordés. Voici comment les choses se passent.

Certains des composants de la colle sont capables de faire fondre les pièces de plastique. Cet effet est loin d'être toujours souhaité. Vous savez sans doute ce que nous voulons dire si vous avez déjà tenté de nettoyer une surface de plastique avec un dissolvant inadéquat. L'acétone, un produit extraordinaire lorsqu'il s'agit de dégraisser, est un dissolvant actif sur nombre de plastiques (même le plexiglas).

L'acétone seul ne permet pas non plus de coller vu que, de par sa faible densité et sa très grande volatilité, il ne peut pas travailler en profondeur. Pire encore, sa capacité de dissolution à l'égard du PVC est quasi-inexistante.

Les sortes de plastique à souder ensemble dans le cas présent sont du polystyrol (PS) et différentes autres sortes de chlorure de polyvinyle (PVC). Il n'y a pas de problème pour souder des plastiques de même type, PS sur PS ou PVC sur PVC, vu qu'il existe des colles spéciales prévues pour cela.

Il est plus délicat de coller du PS sur du PVC pour la simple et bonne raison que ce dernier type de plastique a été développé de façon à pouvoir résister à la quasi-totalité des produits chimiques connus, même à ceux destinés à coller.

Après des centaines d'essais de collage utilisant 14 types de colles différentes il nous a fallu conclure qu'il n'existait pas de colle correspondant à ce que nous recherchions.

Le temps passant, nous avons mis au point une colle à base de 7 matériaux chimiques capable de coller parfaitement le PS au PVC. Il nous faut reconnaître qu'il s'agit d'un mélange « infernal » et nous avons été surpris qu'il ne soit pas radioactif voire du moins très hautement explosif. La fourniture d'une telle mixture est problématique sachant qu'il n'existe pratiquement pas de flacon en plastique qui ne serait pas percé en moins de 2 jours.

Heureusement tout est bien qui finit bien. Nous avons trouvé une société proposant une nouvelle colle dont la viscosité, la capacité de remplissage, les caractéristiques de mise en goutte et de filiosité correspondent à ce que nous recherchions et qui permettait de coller non seulement du PS sur du PS mais également du PS sur du PVC.

Cette colle est fournie avec le kit en quantité suffisante pour une utilisation royale pour la réalisation d'un ForTan à 1 bras-outil. N'hésitez pas à utiliser la colle en quantité royale,

mais pas trop car trop c'est trop et cela n'a pas d'effet positif sur la solidité. Répétons-nous : utilisez uniquement la colle fournie avec le kit, même si vous trouvez dans les magasins de bricolage ou de modélisme, des colles réputées coller les PS, PVC et autres types de plastiques. Il suffit presque de regarder suffisamment longtemps les pièces collées à l'aide de ce type de colles pour les voir se détacher toutes seules les unes des autres !



Figure 2. Le collage se fait par mise en place d'une « cordelette » de colle sur toute la longueur de la rainure de collage.

1^{ère} étape : collage partiel de la « salle des machines »

Nous allons commencer par le collage du caisson blanc à 3 panneaux latéraux destiné à recevoir la mécanique. Ces pièces de bonne taille permettent de se faire votre la technique du collage d'un joint à recouvrement. Toutes les autres pièces utilisent le même principe.

L'expérience de collage acquise servira d'échauffement pour la réalisation des bras en filigrane.

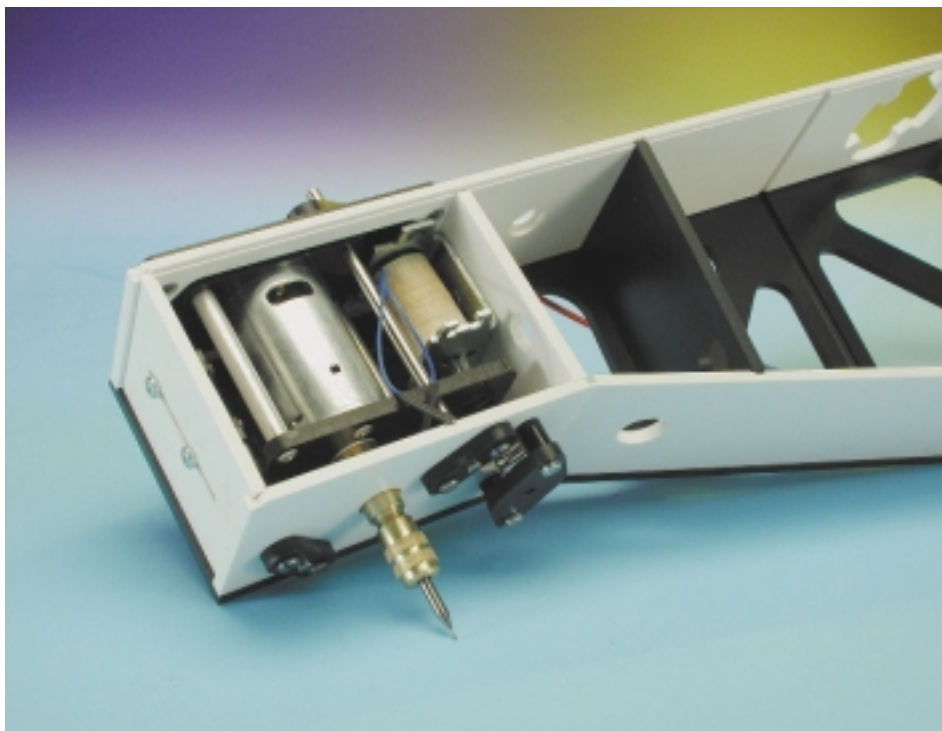


Figure 3. Bras partiellement terminé et doté de la combinaison moteur de mèche/électro-aimant.

Assurez-vous d'avoir les mains bien propres et enlevez toute boisson de la zone de travail. Enlevez tout ce dont vous n'avez pas besoin

pour cette opération de collage, tout ce qui pourrait tomber par terre et pourrait vous gêner dans votre tra-

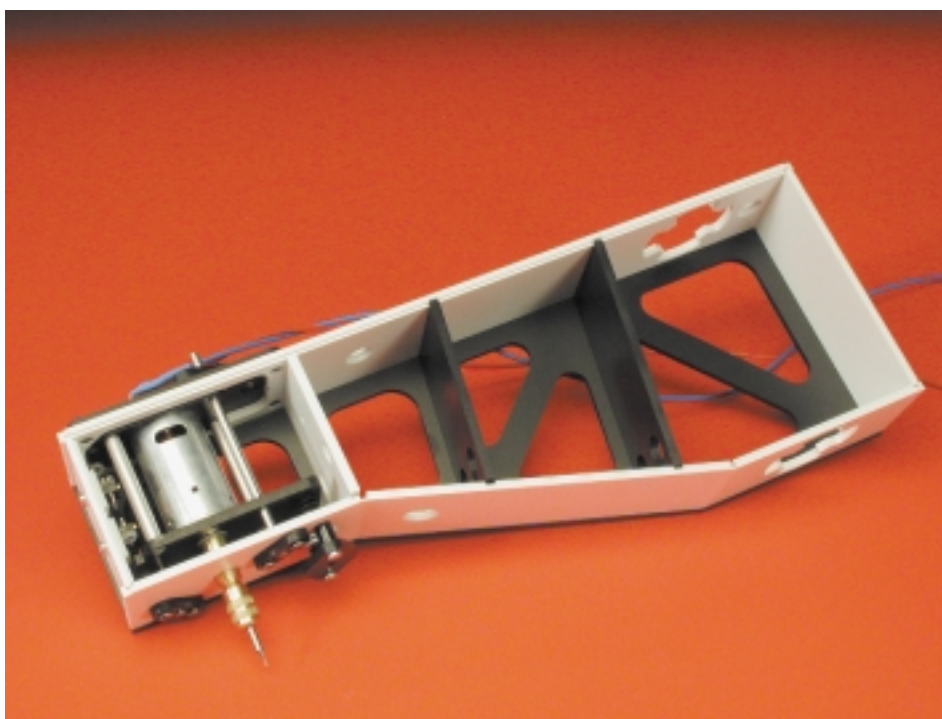


Figure 4. Le bras avant qu'il ne soit doté, pour essais avant collage, et sans électro-aimant, du second panneau latéral en treillis.

vail. On pourra utiliser des gants médicaux fins en caoutchouc pour éviter tout encrassement des objets à coller.

Placez à portée de main les 3 panneaux latéraux, le fond blanc et le couvercle noir. Montez provisoirement le caisson par positionnement sur la surface de travail du fond blanc rainurés orientées vers le haut et glissement du panneau arrière dans le joint arrière correspondant. Le premier panneau latéral sera positionné légèrement de travers pour pouvoir être glissé dans la rainure du panneau arrière pour ensuite être enfoncé progressivement dans la rainure du fond plat, de l'arrière vers l'avant. Le panneau latéral prend un certain angle en 2 points. On procédera de même pour le second panneau latéral.

Placez ensuite le « couvercle » noir sur les panneaux latéraux. Après un léger mouvement de va-et-vient le dessus devrait se glisser sur les panneaux latéraux. Assurez-vous à l'aide d'une règle que le caisson possède bien la même hauteur partout ce qui signifie que les panneaux se trouvent bien dans les rainures. Soulevez l'ensemble du caisson en tenant le fond et le dessus et examinez-le scrupuleusement. Il donne une bonne impression de solidité n'est-ce pas. Il vous faudra, avant de passer à l'« irréversible », pouvoir répondre par l'affirmative aux questions suivantes :

- Tous les copeaux ont-ils été enlevés et les fentes sont-elles propres ?
- L'assemblage s'est-il fait facilement sans friction, sans le moindre coincement ?
- Est-il possible de monter les panneaux latéraux d'un coup sans qu'ils n'aient glissé du dos ?
- Supposez -que vous ayez déjà mis de la colle dans les joints et examinez vos mains. Jusqu'où serait allée la colle sur vos doigts, là où elle n'aurait pas dû aller ? Vous pouvez maintenant, si vous êtes d'avis qu'il n'y a rien à améliorer au montage, vous lancer dans le collage. Si vous n'êtes pas satisfait, dégagez les 3 panneaux verticaux et reprenez le montage jusqu'à ce que vous soyez totalement satisfait du déroulement des opérations.

Après cet intermède d'échauffement

il est temps de passer aux choses sérieuses. Disposez les 5 pièces sur la surface de travail dans l'ordre convenable. Mettez, comme l'illustre la **figure 2**, une jolie trace de colle, d'un seul mouvement d'un seul, sur toute la longueur du profil du panneau arrière. Glissez le panneau arrière de façon **LÂCHE** et sans appuyer dans la rainure du panneau inférieur du fond. Il est préférable, pour le moment, que le panneau arrière ne soit pas parfaitement vertical mais légèrement incliné vers l'arrière. Dotez le profil du premier panneau latéral ainsi que le côté orienté vers le panneau arrière d'une belle trace de colle. Montez le panneau latéral, en recommençant par l'arrière, dans la rainure correspondante du panneau du dessous. Procédez de la même manière pour le second panneau latéral.

Montez le couvercle **SANS** colle sur l'ensemble jusqu'à ce qu'il tombe bien en place. Il sert, pour le moment, à tenir l'ensemble bien en place, il sera collé ultérieurement. En effet il faudra procéder, avant de coller définitivement le couvercle noir sur les pièces blanches, à certaines opérations. Il serait possible, en principe, de faire cela caisson fermé, mais l'accès aux pièces concernées est plus aisé couvercle ouvert. On laisse l'ensemble ainsi monté au moins une heure en paix de façon à laisser le temps à la colle de prendre.

2^{ème} étape : collage définitif du bras-outil

Sortez les 9 pièces du bras-outil de l'emballage : 2 panneaux latéraux noirs, un dessous et un dessus blancs, 5 pièces intercalaires/raidisseurs 3 blanches et 2 noires. Nettoyez à nouveau les pièces à la brosse à dents. Avant l'assemblage on place, dans les évidements prévus à cet effet 10 écrous M3 qui serviront à la fixation ultérieure de la combinaison bobine mobile/électro-aimant déjà montée sur l'exemplaire de ForTan de la photo représenté en **figure 3**. La solution la plus simple consiste à poser les écrous sur la table et à appuyer la pièce en plastique sur les écrous. Nous nous limitons pour le moment aux écrous, la tête de la perceuse restant dans l'emballage.



Figure 5. Chacun des roulements à rouleaux de l'axe de rotation du bras comporte 2 pièces, un anneau extérieur et le roulement à rouleaux proprement dit.

Placez un panneau latéral noir devant vous en orientant le côté rectiligne de préférence vers l'arrière. Tous les processus de collage à rainure et profil vers les autres pièces latérales ont exactement la même forme que dans le cas précédent. Commencez par mettre en place les 2 petits panneaux extérieurs en commençant à nouveau par la rainure du couvercle, puis par celle des panneaux latéraux pour finir par les 3 panneaux intercalaires. Dans le cas de la pièce du dessous caractérisée par à 2 « brisures » anguleuses on commence la mise en place par le nez du bras; on suit ensuite le contour du panneau latéral noir en treillis. Hormis la présence de la tête de perçage ici, le bras-outil devrait ressembler à la

photo de la **figure 4**. Il faudra bien entendu avoir monté l'électro-aimant avant de tout coller une fois pour toutes.

Ensuite –qui aurait pu l'imaginer– on dispose les autres panneaux latéraux et on les fait s'encaster par un léger glissement latéral. Même sans colle la rigidité mécanique du bras-outil est déjà remarquable. Vous pourrez, s'il vous semble que tout s'encastre sans le moindre jeu ou friction, passer à l'étape de collage. Dans le cas contraire il faudra reséparer les pièces et essayer à nouveau...

Essayez de ne pas entrer en contact avec la colle, sous peine de mettre des empreintes partout sur le bras. Si cela devait arriver, laissez la colle sécher et enlevez-la plus tard, à l'aide de la lame acérée d'un cutter.

Il faudra, dès que les 9 pièces du bras auront été montées, s'assurer de l'orthogonalité de l'ensemble, ce que l'on peut vérifier par la mise des différents côtés du bras sur la sur-

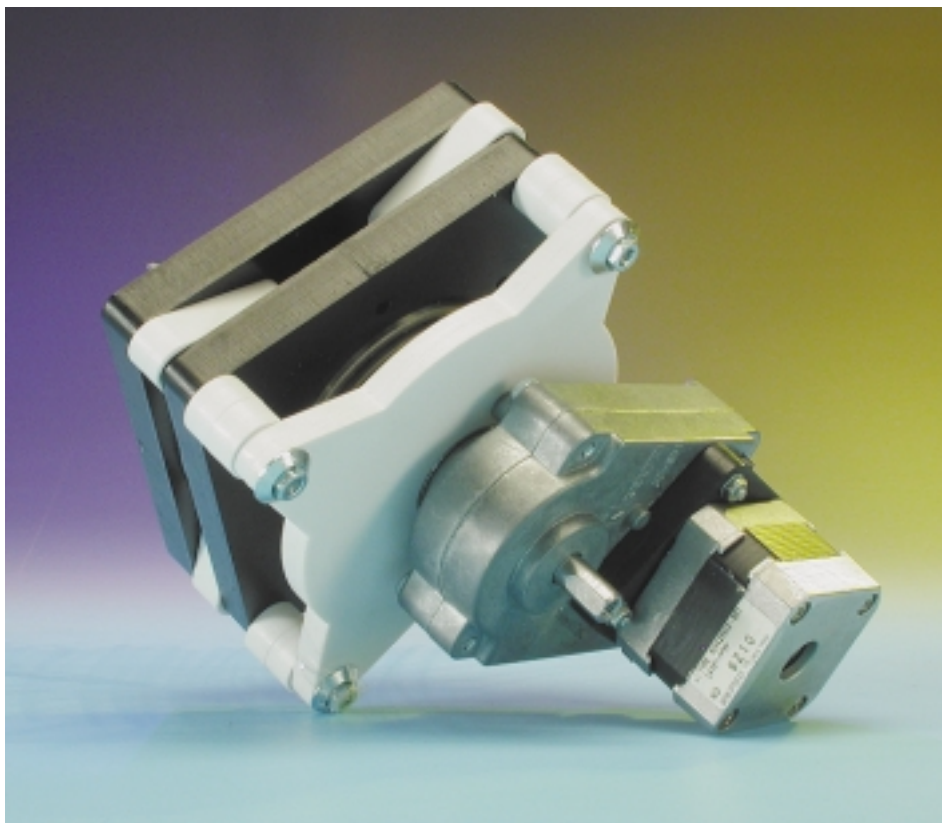


Figure 6. La liaison entre le moteur et le dispositif à engrenages se fait par le biais d'une flasque sur laquelle ils sont tous deux vissés. La sortie des engrenages est vissée sur l'intercalaire en étoile.

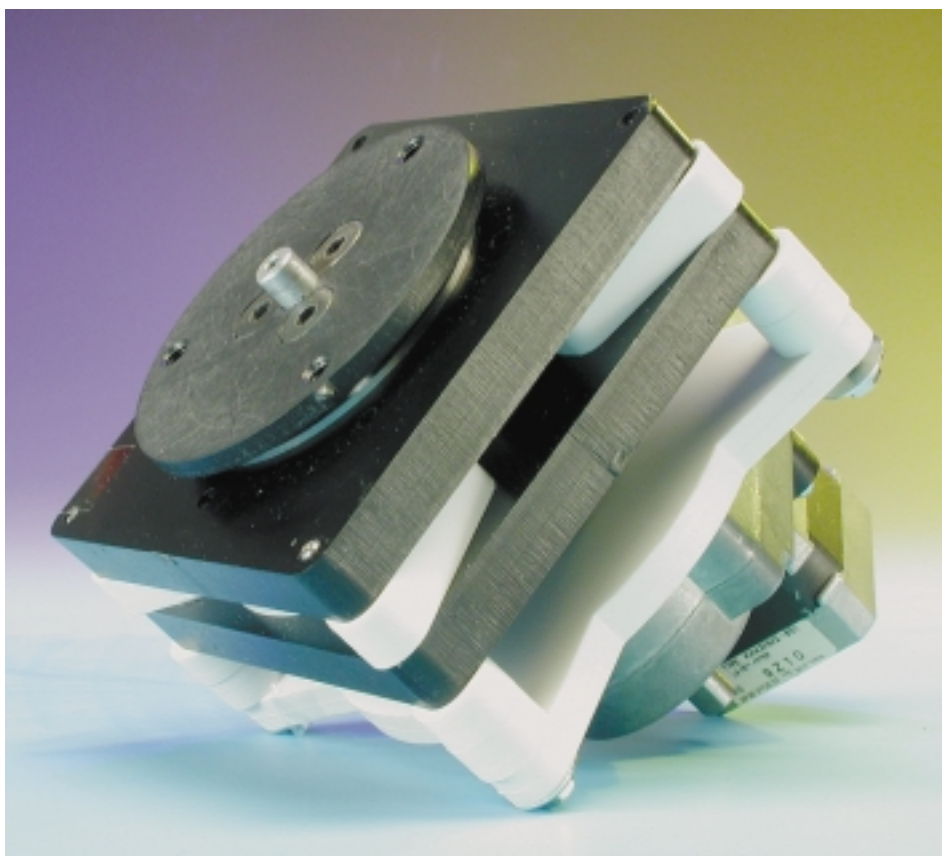


Figure 7. Unité moteur complète vue du dessus.

face de travail parfaitement plate. En cas d'instabilité il faudra se résoudre à réappuyer sur les différentes pièces.

Comme vous ne manquerez pas de le constater plus tard, la construction du bras comporte des dispositions qui permettront un mouvement parfaitement vertical des extrémités des outils (mèche et fraise) et c'est en fait là le but de cette réalisation. Il est en effet possible de compenser des erreurs de collage ou d'orthogonalité (mais il vaut mieux éviter d'avoir à recourir à ces extrémités). Après l'heure très précisément (sinon il faudra prévoir une pause-café) qu'a requis l'assemblage du bras-outil il est temps de repasser au couvercle noir du caisson qui se trouve toujours posé, sans colle, sur le reste du coffret de support. Nous allons le soulever avec précaution du fond constitué de panneaux collés et le mettre de côté.

3^{ème} étape : mécanique sur le couvercle

Sortez maintenant le sachet contenant les 4 roulements à billes et les 2 sachets dénommés « Mechanik 1 » et « Mechanik 2 » de l'emballage, chacun de ces sachets contenant les pièces mécaniques nécessaires à la réalisation d'un axe de rotation (figure 5). Les roulements à billes (à rouleaux en fait) se composent chacun de 2 pièces, un anneau de roulement extérieur et un élément intérieur doté des rouleaux. Les roulements à billes sont toujours relativement gras; il faudra enlever cette graisse sauf sur les parties intérieures en contact du roulement à rouleaux lui-même, de manière à disposer d'un composant à l'extérieur parfaitement propre. Enfichez 2 anneaux de roulement à billes par le haut dans le trou prévu à cet effet dans le couvercle du caisson, l'un pour le plateau rotatif, l'autre pour l'un des bras. Poursuivez le mouvement de sertissage du roulement de manière à ce qu'il déborde de l'autre côté du couvercle d'un demi-millimètre environ.

Enfichez, dans les 4 orifices de 4 mm que comporte l'anneau les vis M4 longues à tête fraisée en les dotant à chaque fois d'une collerette de positionnement à 90°. Mettez le couvercle

sur le dos. Si les vis ne tombent pas vous devriez voir 8 extrémités de vis sur lesquelles il faudra glisser les entretoises de positionnement de câble de 10 mm d'épaisseur. C'est à cet endroit que l'on trouvera, plus tard, le câble multibrin servant à la connexion de l'électronique du bras. Il reste à glisser les 2 anneaux de roulement à billes restants dans les 2 supports pour roulement de couleur noire libres et à les forcer de manière à ce que, comme dans le cas du couvercle, ils débordent d'un demi-millimètre de l'autre côté. Les supports sont ensuite positionnés sur les supports de câble.

On place ensuite, sur les 12 extrémités de vis, une rondelle de précision et un écrou M4. Lors du serrage des écrous les anneaux du roulement à billes ressortent très légèrement et se trouvent alors parfaitement plans et orthogonaux dans leur orifices. Il va falloir maintenant desserrer de 1/4 à 1/2 tour, tous les écrous fermement serrés. Cette opération ne devrait pas se traduire par un relâchement mais devrait permettre un léger jeu latéral.

Sortez maintenant le sachet contenant le court axe en aluminium de l'emballage; ce sachet contient en outre un anneau néoprène, 3 pièces de sécurité noires, une rondelle de sécurité en plastique blanc et un disque de plastique plus grand (sans oublier 3 vis M6), disque sur lequel viendra, ultérieurement, se positionner le plateau tournant...

Vissez solidement le disque de plastique à l'axe d'aluminium de manière à lui laisser un jeu de 1 mm environ vers le haut et le bas; il est donc relativement lâche. De l'autre côté de l'axe on glisse la partie intérieure d'un roulement à billes et on guide l'axe par le dessus du couvercle vers l'anneau de roulement du caisson. On glisse, sur l'extrémité de l'axe qui dépasse sur le dessous du couvercle, une seconde partie intérieure de roulement à billes suivie de l'anneau de néoprène. Sur cette même rondelle de néoprène on place la plaquette de sécurité en plastique blanc et les 3 pièces de sécurité en plastique noir qui glissent parfaitement dans la découpe dont est doté l'axe en aluminium. Serrez maintenant vigoureusement les 3 vis de la grande rondelle de

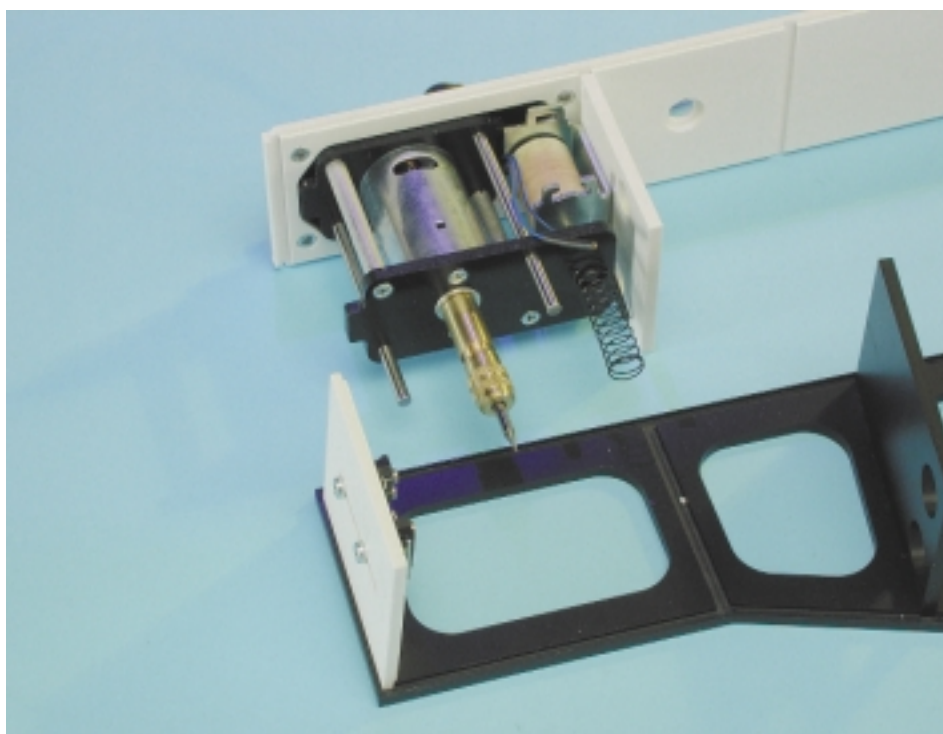


Figure 8. Montage de l'unité de levage de mèche.

plastique et vous assurant que les pièces de sécurité ne plient pas la rondelle de sécurité.

Les pièces du sachet contenant le grand axe en aluminium sont montées exactement de la même façon à ceci près que l'on ne rencontre pas ici la grande rondelle de plastique et les vis qu'elle requiert.

Faites maintenant jouer les 2 axes l'un sur l'autre jusqu'à ce que ce

mouvement se fasse souplement. Ce faisant, la plaquette de fixation des roulements à bille encore relativement lâche trouve son positionnement optimal. On peut également envisager de jouer sur la plaquette pour lui donner, par rotation des axes, la meilleure position. On serre ensuite fermement les plaquettes à l'aide d'une clé plate.

On découvre, sur les blocs des roulements à billes vus du dessus, 4 orifices libres dans lesquels on placera un écrou de blocage M4



Figure 9. Blocs de guidage d'axes et plaquette de fermeture de l'orifice du ressort du panneau inférieur du bras. On retrouve une paire de blocs de guidage identiques sur le panneau supérieur du bras.

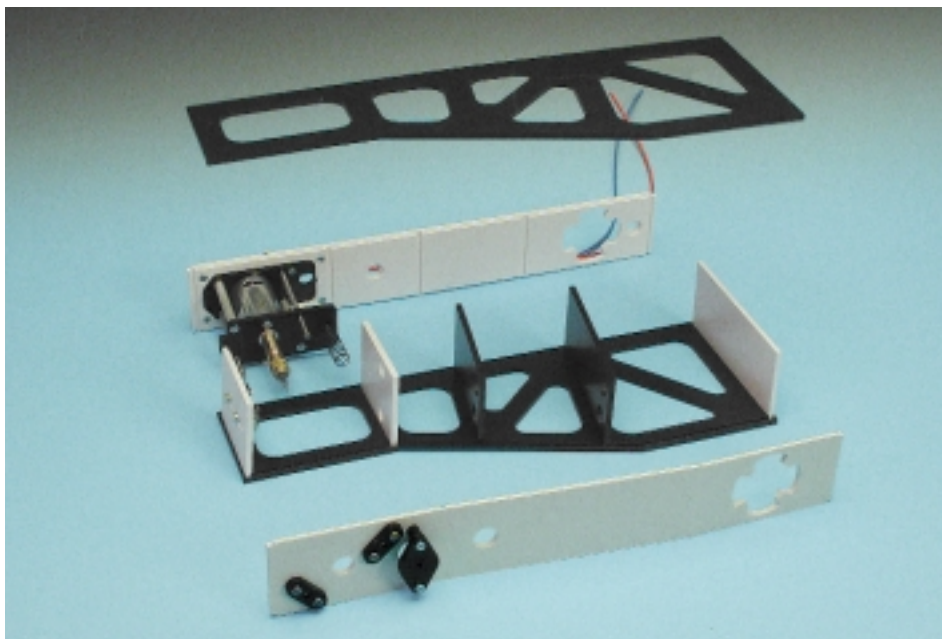


Figure 10. Les parties du bras disposées en place avant collage. Il manque encore l'électro-aimant.

extrait du sachet « Mechanik 3 ». Les écrous et les plaquettes de fixation de ce sachet serviront ultérieurement pour le couplage du moteur.

Toutes ces opérations auraient également pu se faire couvercle fermé, vu les ajours présents dans la partie inférieure du caisson (cf. figure 1), mais l'approche choisie ici simplifie énormément les choses. C'est pour cette raison que nous ne procédons au collage du couvercle sur le caisson que maintenant. On met la dose de colle nécessaire et suffisante sur les profils des panneaux latéraux avant de positionner le couvercle et de faire en sorte qu'il se positionne correctement.

Nous en avons terminé avec les opérations de

collage. Laissez une bonne journée au caisson et au bras pour sécher.

4^{ème} étape : montage des moteurs

Les 2 systèmes moteurs sont identiques. Il nous faut pour cela un moteur pas à pas et une boîte à engrenages, qui est, pour des raisons de protection contre la poussière, totalement encapsulée et qu'il n'est pas question, partant, de démonter. La liaison entre le moteur et la boîte à engrenages se fait par le biais d'une plaquette intercalaire

(sachet « Mechanik 4 ») qui est fixée au moteur par le biais de 4 vis et par 2 vis (M3 à chaque fois) au système d'engrenages (figure 6). Côté sortie des engrenages nous fixons l'adaptateur de conversion en forme d'étoile carrée à l'aide de vis M4. L'unité-moteur ainsi constituée est glissée par le bas dans le caisson de la mécanique, les 4 boulons qui sortent du bloc des roulements tombent précisément dans les orifices présents dans l'adaptateur d'engrenages en étoile. L'ensemble est fixé fermement à l'aide des boulons et des rondelles du sachet « Mechanik 3 ».

Nous en avons pratiquement terminé avec l'ensemble moteur.

5^{ème} étape : montage de l'unité de levage de mèche

Intéressons-nous au système-moteur Z, c'est-à-dire à l'unité de levage des mèches, qu'il s'agisse de forets ou de fraises. Le sachet « Mechanik 5 » comporte tous les éléments nécessaires. On commencera par fixer, à l'aide de 2 vis M3, côté axe, le moteur d'entraînement de mèche sur la plus longue des 2 plaquettes de plastique noir. Côté moteur, les 2 longs axes de fixation sont eux aussi fixés à l'aide de 2 vis M3 sur la plaquette de plastique.

La seconde plaquette de plastique noire est glissée par le haut du moteur de façon à venir enserrer le boîtier du moteur; cette plaquette est fixée à l'aide d'une paire de vis venant s'enficher dans les entretoises évoquées plus haut. Les 2 axes en acier, il s'agit d'axes en acier durci à polissage haute précision, sont glissés dans les orifices de 4 mm diamétralement opposés encore libres et positionnés de manière à ce qu'ils dépassent d'une même longueur de part et d'autre des 2 plaquettes (cf. figure 8)

Il faudra, avant de monter l'unité de levage terminée dans le bras, installer l'électro-aimant (à bobine) de levage et les 2 détecteurs de fin de course à leurs positions respectives dans le bras. Il est temps maintenant de placer l'unité de levage dans le bras, de manière à ce que, est-il bien

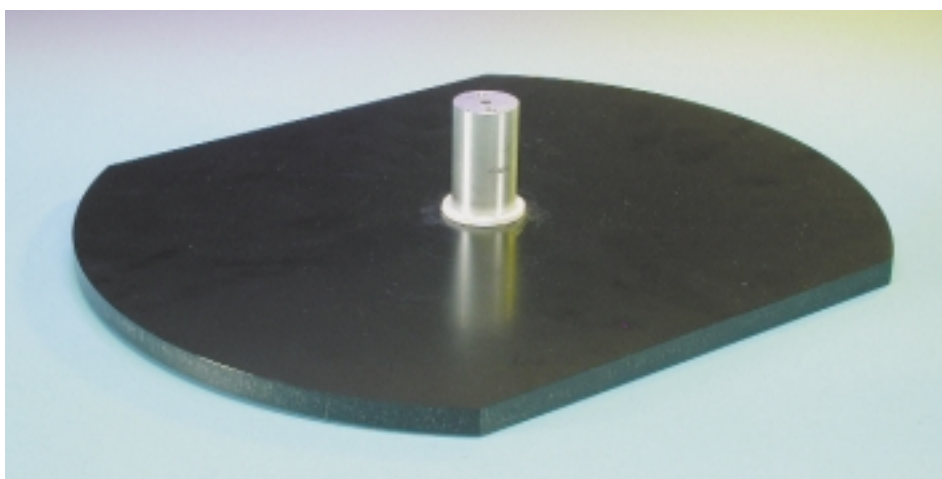


Figure 11. Plateau tournant doté de son axe.

nécessaire de le préciser, la tête destinée à recevoir la mèche soit orientée vers le bas. L'ouverture sur le dessus du bras est fermée par mise en place de la plaquette-couvercle. Il faudra veiller à ce que les vis de cette plaquette soient bien serrées pour éviter qu'elles ne se desserrent à la suite de vibrations en cours de fonctionnement. Bien que l'on puisse penser être arrivé au bout de ses peines, l'unité de levage est encore trop lâche. Il n'est pas question de la moindre précision de guidage. Nous allons immédiatement mettre fin à cette trop grande liberté par le positionnement d'un bloc de guidage (extrait du sachet « Mechanik 6 ») glissé sur chacune des 4 extrémités des axes de guidage, bloc fixé provisoirement dans la plaquette intercalaire d'une part et dans le panneau inférieur du bras de l'autre, à l'aide de 2 vis M3 à chaque fois (**figure 9**). On positionne, par le dessous du bras, un ressort extrait du même sachet (6) dans l'orifice prévu à cet effet, l'orifice étant clos par un capot fixé à l'aide de 2 vis sur une paire d'entretoises. Assurez-vous que le ressort se positionne bien dans le guide gravé dans la plaquette intercalaire; si tel n'était pas le cas, une légère pression suffit à l'y faire glisser. Une fois le porte-mèche mis en place la réalisation de la mécanique du bras peut être considérée comme terminée.

6^{ème} étape : fixation du bras et du plateau tournant

Glissez le bras sur l'axe en aluminium de 30 mm de diamètre et faites le tourner de manière à ce que l'orifice transversal de 10 mm de section soit orienté vers le moteur du bras. C'est par cet orifice que passe le câblage vers le caisson-support de l'ensemble. La fixation du bras de fait à l'aide d'un dispositif de tension conique qui, après mise en place du cache-axe, solidarise le bras de l'axe, lui enlevant toute liberté propre. La dernière pièce de forte taille, le plateau tournant (**figure 11**), est glissé avec précautions et bien verticalement, sur le pignon de centrage se trouvant à l'extrémité de l'axe en aluminium, enfoncé jusqu'à la rondelle de plastique blanc et fixé

solidement à l'aide de vis M6. La cale blanche de faible épaisseur à 13 orifices est enfichée dans la fente longitudinale que comporte le plateau, jusqu'à ce que cette cale soit parfaitement à niveau avec la surface du plateau.

Les positions relatives du bras et du plateau tournant n'ont pas la moindre importance sachant qu'après l'initialisation de départ effectuée par le logiciel les différents éléments du système sont mis dans les positions requises ; l'unité de levage de mèche encore libre jusqu'à présent sera elle mise à la hauteur nécessaire.

7^{ème} étape : le câblage

Il est temps maintenant de passer au câblage du bras. On soude un câble bifilaire à chacun des 2 détecteurs de fin de course, au moteur et à l'électro-aimant et on tire l'ensemble de ces câbles vers l'arrière du bras en direction du trou percé dans l'axe. Une fois les câbles glissés dans l'axe creux ils émergent du trou percé dans la partie de l'axe se trouvant dans le caisson-support, partie prise entre les passe-câbles. Le kit de For-

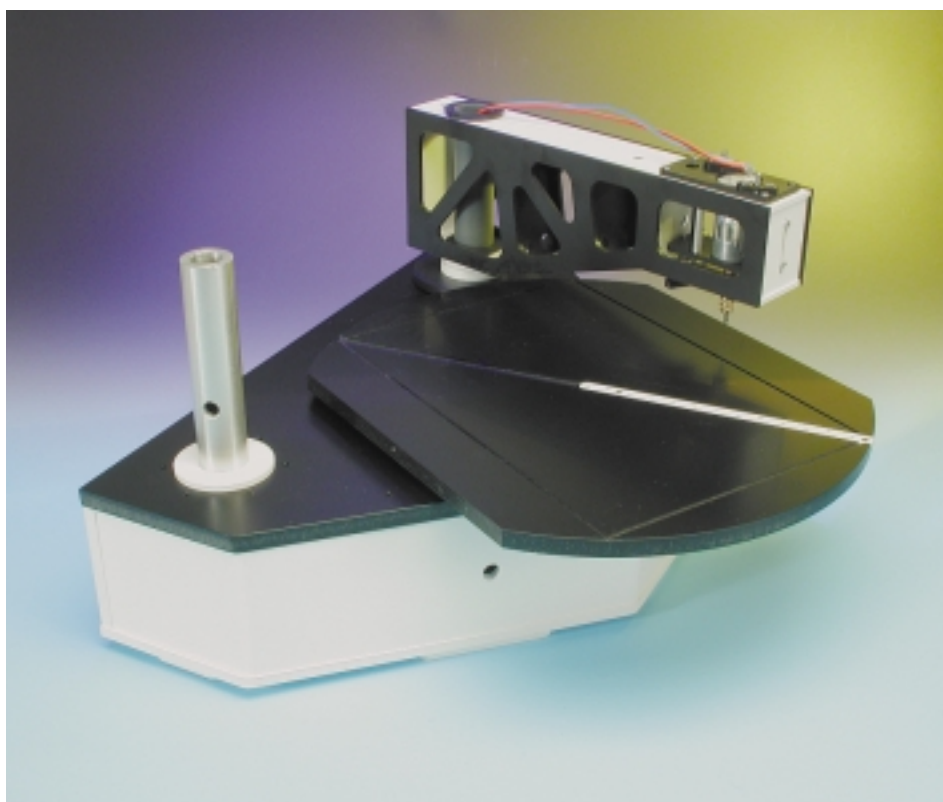
Tan comporte bien entendu les dits câbles coupés à la longueur requise.

On dotera maintenant les extrémités des câbles de leurs connecteurs, sachant qu'il est plus facile de passer les câbles dans l'axe avant qu'ils ne soient dotés de ces pièces. Il ne faut pas déjà implanter l'électronique mais la disposer, pour l'essayer ultérieurement, à côté de la machine. Cela évite, en cas de problèmes, de devoir démonter la platine (le montage est déjà assez délicat par lui-même !). Ce n'est qu'après s'être assuré que l'électronique fonctionne parfaitement que l'on pensera à la monter dans le caisson. Ceci fait, votre ForTan est terminée.

(010024-4)

Il ne nous reste plus qu'à parler de l'initialisation et du programme. Nous évoquerons, en guise de conclusion à cette série consacrée à ForTan, le trajet menant du programme de dessin de circuit imprimé à une platine gravée et percée.

Ndlr : Pour autant que nous le sachions à la rédaction de ces lignes, la documentation relative à ce projet existera, sous la forme d'une CD-ROM multimédia multilingue, en allemand, en français et en anglais.



Alimentation à découpage « auto »

Pour OSCAR, le lecteur CD MP3

un projet de Ton Giesebergs

à la rédaction : Sjef van Rooij

Nos lecteurs semblent beaucoup apprécier le lecteur MP3 que nous avons décrit dans les numéros de septembre et d'octobre, l'an dernier. OSCAR est tellement populaire que nombreux sont ceux qui veulent en profiter aussi en voiture, en bateau ou en caravane. Le convertisseur CC/CC (continu-continu) proposé ici devrait les combler.



C'est vrai, nous aurions mieux fait d'y penser tout de suite. Dès le premier article, nous avons précisé que « autonome » signifiait indépendant du PC. L'idée aurait dû faire son chemin et nous inciter à penser également auto-

nome au sens de **mobile**. L'historique paru en septembre dernier nous l'a appris, OSCAR (*Optical Storage Compressed Audio Replay*) est déjà le fruit d'une large collaboration et on ne

peut pas tout faire en même temps. Mais nous avons remis l'ouvrage sur le métier et, à l'approche des vacances, nous vous présentons le résultat de nos efforts.

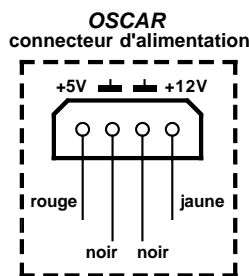
Deux tensions

OSCAR a besoin de deux tensions d'alimentation stables, du +5 V sous 2 A et 2 A aussi en +12 V, même si la consommation exacte dépend du lecteur de CD-ROM et du disque dur utilisés.

De prime abord, on pourrait se dire qu'obtenir ces deux tensions à partir d'un accumulateur de 12 V n'est qu'une amusette : un bon gros régulateur à trois pattes pour en faire du 5 V et le 12 V en prise directe sur la source, le tour est joué.

Ce n'est malheureusement pas aussi simple. Un régulateur 5 V ordinaire aurait trop de puissance à dissiper, quant à la tension de la batterie de voiture, elle est bien inconstante, elle varie régulièrement entre 11 V et 14,4 V. Et en certaines circonstances, le maximum est encore bien plus élevé !

Le problème de dissipation dans la



ligne 5 V, on peut le régler par le biais d'un onduleur abaisseur. Même avec 14,4 V à la source, les pertes sont acceptables.

Pour l'alimentation 12 V, un régulateur à faible chute convient très bien. Elle ne sert que pour les lecteurs de disques et peut, en pratique, délivrer une tension plus basse sans causer de séquelles. OSCAR continue à tourner sans embarras sous 8 V. Nous avons choisi une tension stabilisée de 10 V, distillée à partir des accumulateurs avec une belle économie de moyens. La dissipation s'en trouve suffisamment réduite pour faire ici l'impasse sur un second régulateur à découpage.

5 V / 5 A

Pour générer la tension de 5 V, nous avons jeté notre dévolu sur le LT1074CT, dont Elektor est coutumier. Il s'agit d'un régulateur à découpage qui, entouré de très peu d'accessoires, est capable de fournir 5 A. Bien que basé sur la configuration classique du découpage (*chopper*), il dispose d'un arsenal de raffinements qui l'autorisent à se muer en convertisseur de positif à négatif, en convertisseur négatif rehausseur (*boost-converter*) ou en convertisseur indirect (*flyback*). Comme le LT1074 est pourvu d'un multiplicateur analogique dans la boucle de rétroaction, il réagit pratiquement sans délai à toute variation de la tension d'entrée, tandis que le gain de boucle reste indépendant de la tension de source. Le LT1074 possède en outre un solide dispositif de limitation de courant, qui le rend pratiquement invulnérable aux surcharges et autres courts-circuits. En usage normal, il accepte toute tension d'entrée comprise entre 8 V et 60 V.

Un regard à la **figure 1** nous fait

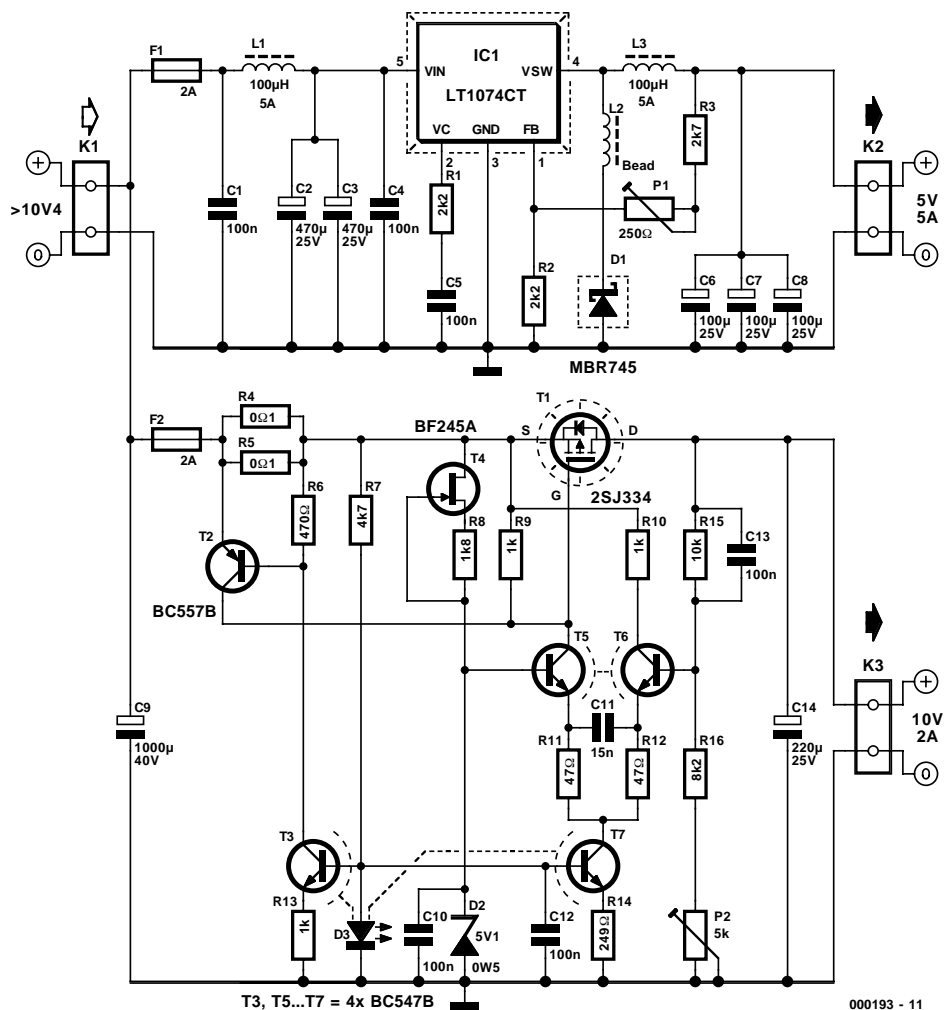


Figure 1. Le schéma de l'alimentation à découpage « auto ». P1 et P2 permettent un réglage précis des tensions de sortie.

découvrir le stabilisateur de 5 V construit à l'aide du LT1074 (IC1). Confirmation, aussi, du petit nombre de composants requis. Examinons-le de plus près.

La tension d'entrée est préalablement découplée par L1, C2, C3 et C4 pour filtrer les impulsions de commutation. F1 évite à l'accumulateur un éventuel court-circuit, on ne sait jamais.

Le réseau R3, P1 et R2 détermine la tension de sortie, P1 permettra de l'ajuster précisément à 5 V. Le diviseur de tension, nous le branchons exprès derrière L3 afin d'exclure du réglage la chute de tension occasionnée par la self antiparasite.

La cellule R1/C5 sert à la compensation de fréquence de la puce. Prévue en option, la perle de ferrite L2 amortit le rayonnement à radiofréquence

que pourraient susciter les commutations de D1 ; la self L2 n'est donc pas indispensable, mais il faut alors la remplacer par un pont de câblage.

Pour L1 et L3, nous utilisons deux bobines standard de filtrage de 100 μ H / 5A. Elles sont aisément disponibles et conviennent aussi bien au LT1074CT qu'à la version 2 A correspondante, le LT1076CT, lequel est compatible broche à broche avec le premier et peut le remplacer si le courant à délivrer n'est jamais appelé à dépasser 2 A.

On peut s'étonner, à première vue, de la mise en parallèle des condensateurs électrolytiques C2 et C3, ainsi que de C6, C7 et C8. La raison en est une meilleure répartition des impulsions de courant, ce qui allonge l'espérance de vie des condensateurs ; en outre, la résistance série équivalente (*ESR*, c'est la résistance que l'on dessine en série avec le condensateur pour figurer la résistance opposée par le condensateur et ses connexions,

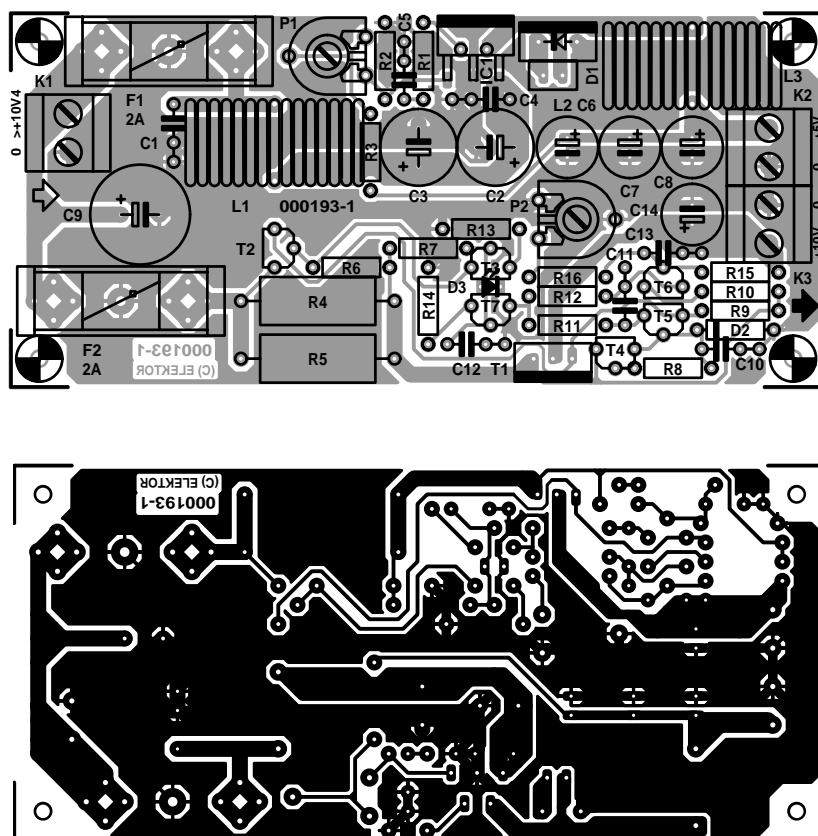


Figure 2. La platine de dimensions réduites, un montage de construction aisée. IC1, D1 et T1 nécessitent un bon refroidissement.

soumis à des variations de courant) la RSÉ de l'ensemble, donc, est sensiblement plus petite, de même que l'inductance parasite résultante, ce qui abaisse la hauteur des pics. Tant l'alimentation de 10 V que celle de 5 V sont protégées par fusible de 2 A contre les surcharges persistantes. S'il était question de leur demander davantage de courant, il faudrait adapter en conséquence la valeur du fusible, mais pour OSCAR, ce ne sera pas le cas, il n'est pas tellement gourmand.

10 V / 2 A

Pour le régulateur de 10 V / 2 A, nous avons choisi une configuration discrète, capable de s'adapter facilement à notre projet. L'idée, c'est un stabilisateur à faible chute conçu autour d'un amplificateur de différence à limitation de courant, de manière à conférer au régulateur l'endurance aux courts-circuits. Comme référence, nous avons une source de courant simple à JFET (T1) et une diode zener (D2) de 5,1 V. La base de T5 constitue l'entrée homophasée (non-inverseuse) de l'amplificateur différentiel. La tension de sortie est rétrocouplée à l'entrée inverseuse par le diviseur de tension R15, R16, P2 et C13. Le poten-

tiomètre P2 y assure le rôle de réglage, que l'on peut fixer sans inconvénient un peu plus haut ou plus bas que 10 V.

Le gain de boucle fermée (déterminé principalement par R9, R11 et R12) et dès lors l'affaiblissement des ondulations est adapté aux circonstances présentes. Dans la configuration adoptée, un courant de sortie de 2 A fait chuter la tension d'environ 0,4 V ce qui est tout à fait acceptable ici. L'étage de sortie est formé d'un unique transistor de puissance MOSFET à canal P du type 2SJ334. Comme c'est le drain qui nous sert de sortie, la chute de tension n'est causée que par la résistance du canal du MOSFET, le shunt (R4/R5) utilisé par la limitation de courant et le fusible. La petite résistance du transistor additionnée à celle du shunt fait moins de 110 mΩ.

Le MOSFET est du type à niveau logique. Complètement passant à 0V, il conduit encore à 2 V mais est presque totalement ouvert pour 4 V sur la grille. Le domaine d'applica-

Liste des composants

Résistances :

R1, R2 = 2 kΩ
 R3 = 2 kΩ
 R4, R5 = 0 Ω 1/5 W
 R6 = 470 Ω
 R7 = 4 kΩ
 R8 = 1 kΩ
 R9, R10, R13 = 1 kΩ
 R11, R12 = 47 Ω
 R14 = 249 Ω
 R15 = 10 kΩ
 R16 = 8 kΩ
 P1 = ajustable 250 Ω
 P2 = ajustable 5 kΩ

Condensateurs :

C1, C4, C5, C10, C12, C13 = 100 nF céramique
 C2, C3 = 470 μF/25 V radial
 C6 à C8 = 100 μF/25 V radial
 C9 = 1 000 μF/40 V radial
 C11 = 15 nF
 C14 = 220 μF/25 V radial

Selfs :

L1, L3 = 100 μH/5 A tel que, par exemple, SFT12-50 TDK
 L2 = perle de ferrite *

Semi-conducteurs :

D1 = MBR745
 D2 = 5V1/0W5
 D3 = LED rouge plate
 T1 = 2SJ334 (Toshiba)
 T2 = BC557B
 T3, T5 à T7 = BC547B
 T4 = BF245A
 IC1 = LT1074CT
 (Linear Technology)

Divers :

K1 à K3 = bornier encartable à 2 contacts au pas de 5 mm
 F1, F2 = porte-fusible encartable + fusible 2 A

* cf. texte

tion du 2SJ334 couvre presque tout ce qui requiert la commutation de tensions, mais en linéaire, dans ce cas-ci, il donne pleine satisfaction. Son V_{DSS} s'élève à 60 V maximum et son courant de drain peut même atteindre 30 A en continu. Sa zone de sécurité (SOA, *Safe Operating Area*) permet, en régime de court-circuit et pour une tension d'entrée de 14,4 V, un petit 3 A ; la limitation de courant tient compte également de ce paramètre.

Lorsque la température s'élève, T2 se met à limiter plus tôt, une sécurité supplémentaire de bon aloi, surtout quand on s'imagine l'environnement dans lequel l'alimentation devra travailler, une voiture exposée au soleil en plein été, par exemple. La limitation de courant s'opère en abaissant la tension U_{GS} de T1 au moyen du collecteur de T2. La commande de la grille (*gate*) vaut au maximum 4 mA à travers R9, courant déterminé par la source T7. Grâce au fait que la base de T2 reçoit une polarisation préalable, la tension aux bornes de R6, on peut réduire sensiblement la tension nécessaire à amener T2 en état de conduction. Conséquence avantageuse, la chute de tension du régulateur complet s'en trouve elle-même réduite, puisque cela nous a permis d'abaisser la valeur de la résistance de shunt R4/R5.

La pré-polarisation de T2, c'est la source de courant T3 qui la délivre, laquelle utilise comme référence la même LED (D3) que la source T7

pour l'amplificateur différentiel. Le courant qui alimente la LED est prélevé directement, via R7, de la tension d'entrée. Sur la platine, T3 et T7 se positionnent de part et d'autre, le plus près possible de D3, de manière à éviter la dérive thermique pendant le fonctionnement. Lors du calcul de la source de courant à FET également, on a tenu en point de mire la stabilité thermique : on a choisi un courant de 0,6 mA parce qu'il correspond au point où le coefficient de température du BF245A s'annule.

Les condensateurs C11 et C13 viennent améliorer la réponse impulsionnelle du régulateur. C10, C12 et C14 forment des découplages supplémentaires. R10, dans le circuit de collecteur de T6, facilite le contrôle de la polarisation de l'amplificateur différentiel.

La platine

Bien entendu, nous avons conçu, pour notre alimentation à découpage

« auto », un circuit imprimé qui regroupe tous les composants, y compris fusibles et selfs antiparasites, sous un volume minimum. Son dessin fait l'objet de la **figure 2**.

Peu de choses à dire à propos de la construction. Du couplage thermique entre T3, D3 et T7, il en a déjà été question. Mais la paire T5-T6 devrait profiter du même traitement, une répartition équilibrée des températures ne peut qu'améliorer la stabilité, ce serait donc une bonne idée de les lier l'un contre l'autre. On remarque que les entrées et sorties se retrouvent ensemble sur le petit côté de la platine, les raccords pour OSCAR y sont dans le même ordre que celui qui prévaut sur tout connecteur d'alimentation de PC : +5 V, 0, 0, +10 V. C'est pas sorcier, d'ailleurs, pareil connecteur est représenté à la figure 1.

Plus important à signaler, le fait que IC1, D1 et T1 doivent disposer d'un refroidissement suffisant. Aussi avons-nous doté le prototype d'un radiateur très « enveloppant », fait d'aluminium de 3 mm d'épaisseur, fabriqué en sciant un profilé en U de manière telle que la largeur intérieure et la longueur du U présentent les mêmes dimensions que la platine. On y insère, sur entretoises isolantes, le circuit imprimé et l'aile supérieure surplombe les composants d'environ 35 mm. De cette manière, non seulement le refroidissement est assuré, mais on obtient aussi un module d'alimentation de grande robustesse, capable de résister aux chocs qui peuvent se produire lorsqu'il est embarqué. La **figure 3** donne à voir à quoi ressemble l'assemblage platine et profilé radiateur. Si maintenant vous n'avez pas l'intention de procéder au pliage en U de la plaque d'aluminium, vous obtiendrez un résultat équivalent en assemblant deux morceaux de profilé en L.

Le boîtier du LT1074 (IC1) est utilisé pour relier la plaque d'aluminium à la masse, on ne l'isole donc pas. Le boîtier du 2SJ334 est en matière plastique, nul besoin de l'isoler. La diode D2 doit aussi être refroidie, en revanche, elle doit être isolée, parce que son boîtier est connecté à la cathode. Une rondelle de mica fera l'affaire. Lors du montage de IC1, de D1 et de T1 sur le radiateur, utilisez de la pâte thermoconductrice (sans excès).

Pour brancher le lecteur de CD-ROM et le disque dur dans OSCAR, on peut employer un connecteur d'alimentation standard en Y pour PC : un mâle et deux femelles, tous de grand modèle. La partie mâle peut en être démontée. Les broches se retirent en pinçant à la base les deux ailettes d'arrêt situées du côté des contacts.

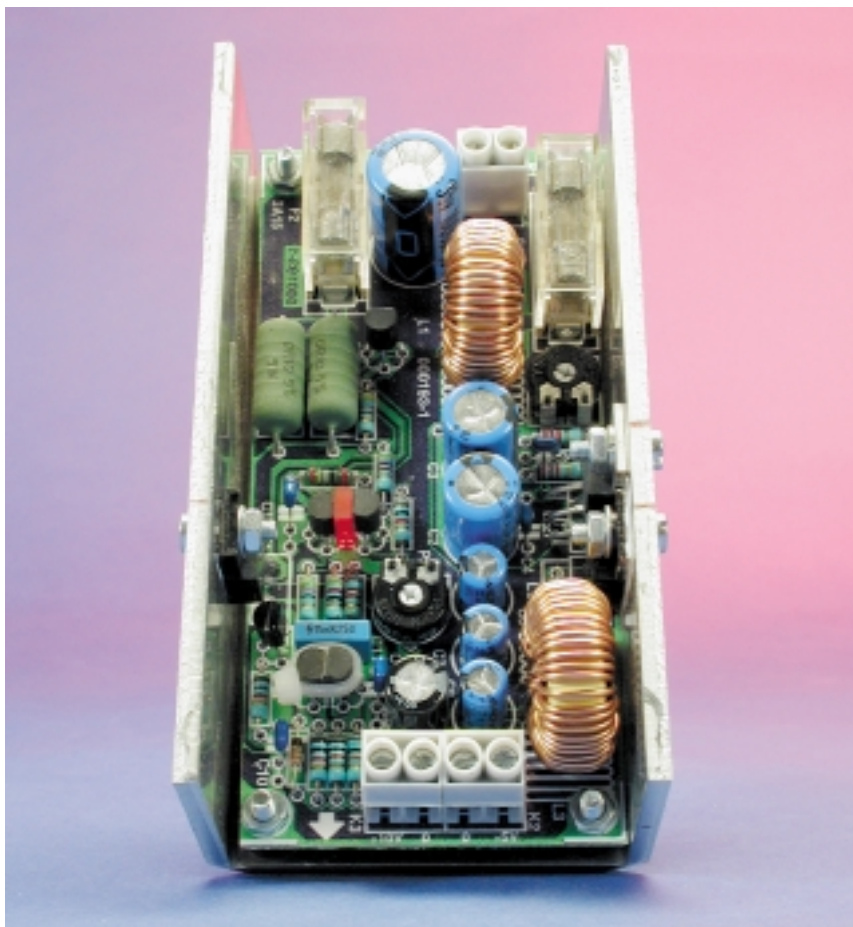


Figure 3. Deux fonctions simultanées pour le profil d'aluminium à fabriquer soi-même : refroidir et protéger mécaniquement.

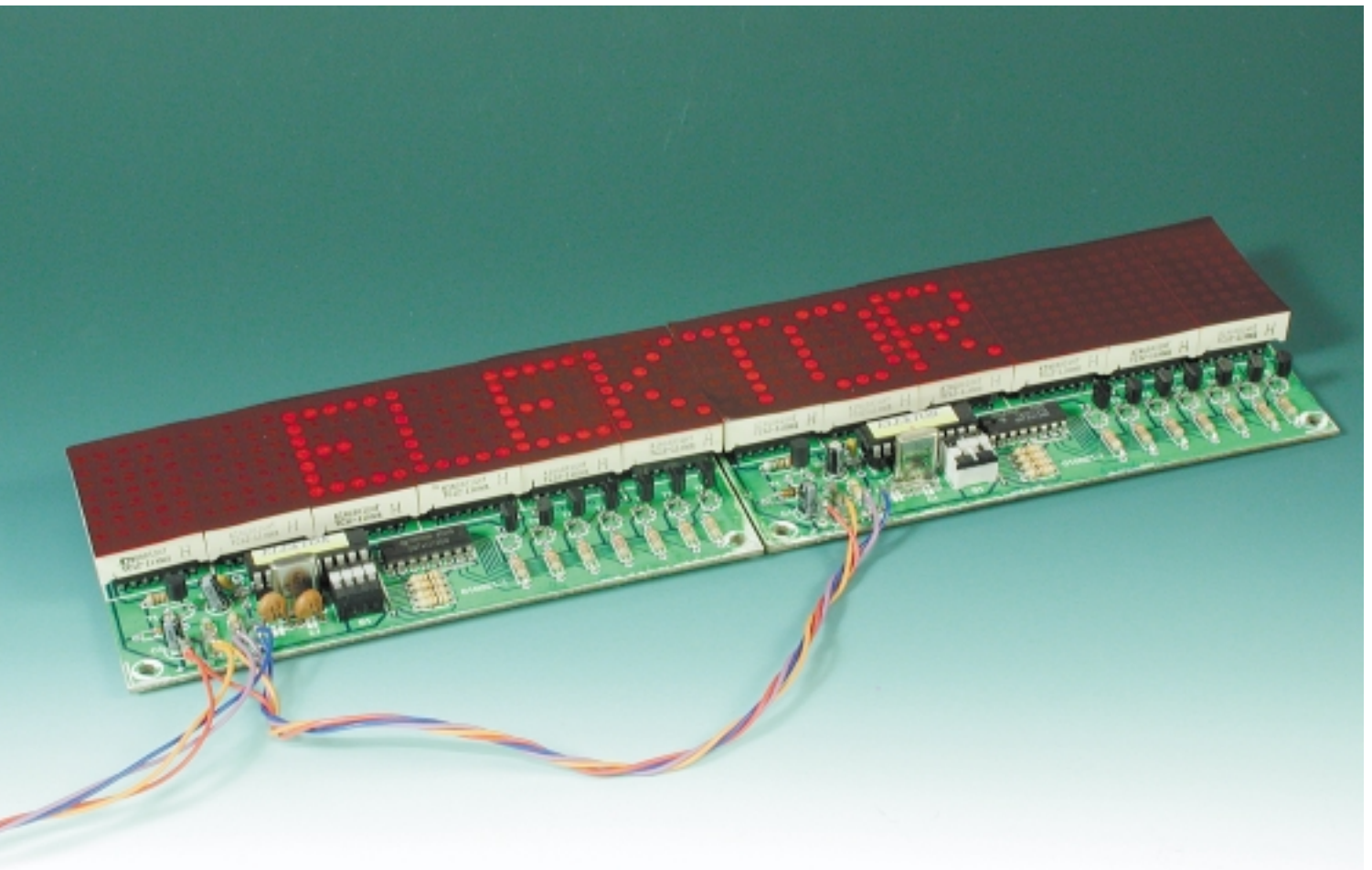
(000193)

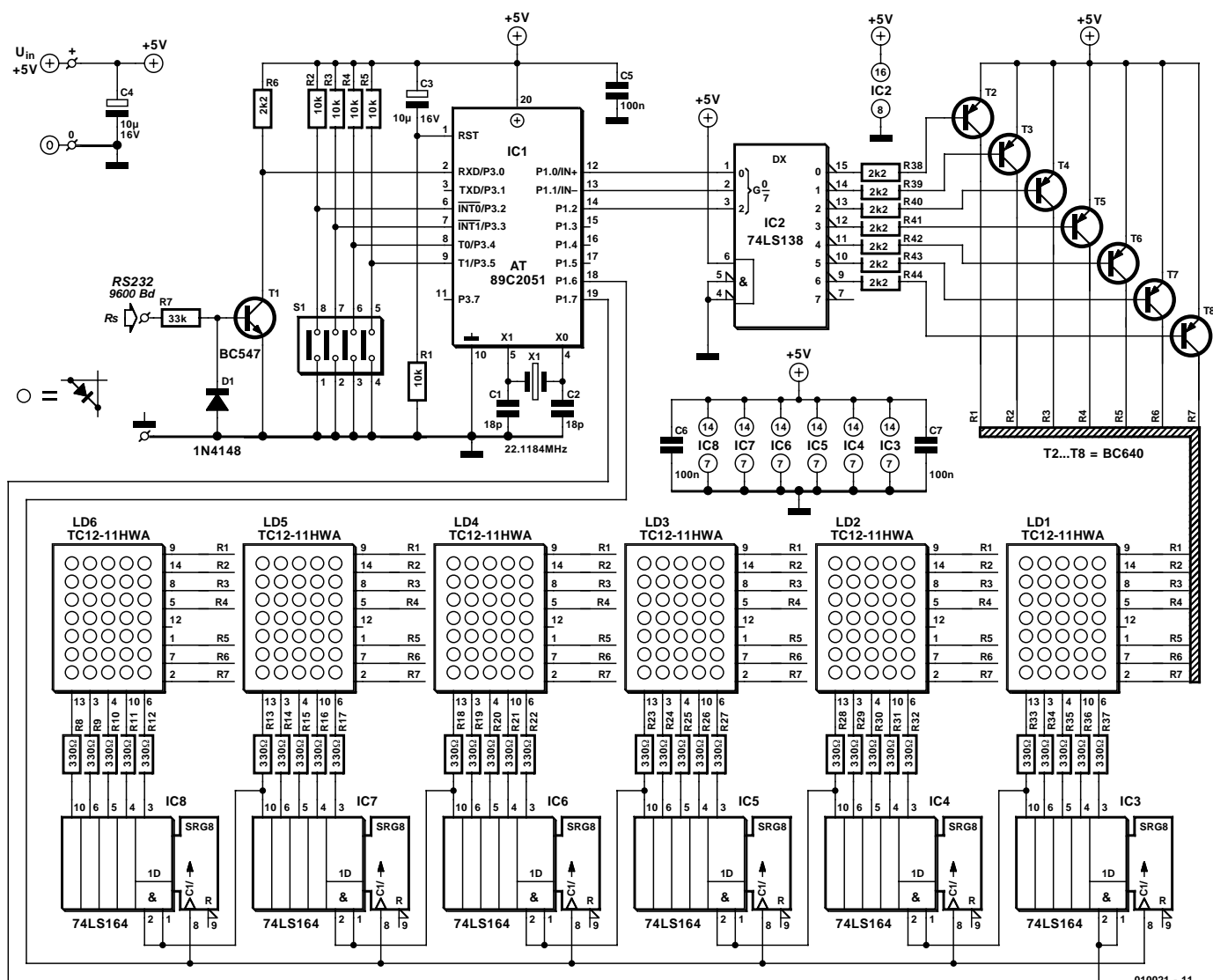
Affichage modulaire à matrice de points

Commandé par le port COM

par A. Köhler

Les affichages à matrice de points industriels sont, en règle générale, coûteux et le nombre de positions d'affichage ou le jeu de caractères disponibles s'avère tout aussi peu flexible. Une raison suffisante pour s'emparer du fer à souder et réaliser soi-même un affichage à matrice de points dédié à une application particulière.





010021 - 11

Figure 1. Le circuit facilement compréhensible d'un module à matrice de points.

L'affichage modulaire à matrice de points présenté ici possède 6 positions d'affichage qui peuvent être étendues à 96 sans modification du matériel en cascade jusqu'à 16 modules. La platine du module est conçue pour des affichages à matrice 5x7 avec une distance entre contacts de 33,0 mm (hauteur de caractère 30 mm), mais des platines d'adaptation appropriées permettent de gérer des affichages à matrice aussi grands (ou aussi petits) qu'on le désire ou même des groupes de LED individuelles pour autant qu'une certaine compatibilité électrique soit assurée.

Le coût de l'affichage est faible par rapport à celui des produits industriels (il est, pour une fois, rentable

de le réaliser soi-même !). Les circuits intégrés logiques utilisés sont des composants classiques peu coûteux, les quelques composants passifs sont des articles à un sou et même le microcontrôleur utilisé, un AT89C2051 à mémoire flash d'Atmel, est disponible pour une somme modique. Le reste des coûts dépend en majeure partie du nombre et de la taille des affichages à matrice. Le contrôleur qui commande l'affichage du module dispose d'un jeu de 95 caractères. De nombreux symboles spéciaux viennent s'ajouter aux chiffres et lettres (minuscules et majuscules). Il est aussi possible, même pour quelqu'un qui ignore le langage assembleur, d'adapter le jeu de caractères à ses propres

besoins et même de représenter des graphiques simples.

Commande multiplexée

Une position d'affichage est basée en général sur une matrice 5x7 ou 8x8. Si chaque diode lumineuse consomme 10 mA, une position d'affichage a besoin de 350 mA ou 640 mA au maximum. Même avec un nombre restreint de positions, l'affichage à matrice aurait besoin d'une alimentation impressionnante, sans parler du nombre de lignes d'attaque et de résistances de protection pour les diodes. C'est pourquoi on aura recours au multiplexage. Le circuit d'attaque place le contenu d'une rangée de la matrice dans plusieurs verrous (*latch*) ou dans un registre à décalage. Puis toute la rangée est brièvement excitée par un transistor. Le circuit d'attaque

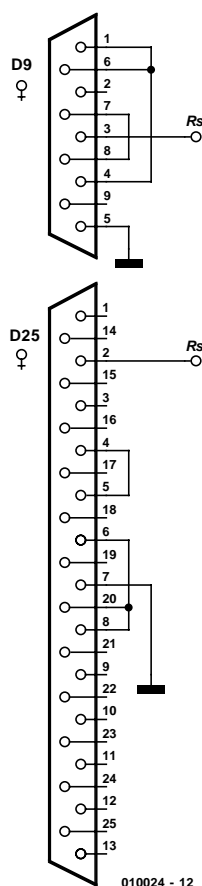


Figure 2. Liaison au port COM avec les modifications nécessaires.

place ensuite les informations de la deuxième rangée dans les registres et active ces derniers. Ce processus se poursuit jusqu'à la septième ou huitième rangée puis est répété cycliquement.

S'il est assez rapide, on a l'impression que les diodes sont allumées simultanément. La luminosité pose toutefois un problème. Selon le nombre de rangées, une rangée n'est allumée qu'un septième ou qu'un huitième du temps, en réalité même encore moins. En effet, les LED doivent être éteintes pendant le temps nécessaire à l'échange d'informations concernant la rangée. Pour que l'affichage puisse rayonner dans toute sa magnificence, chaque rangée est excitée avec un courant dont l'intensité est multiple du courant admissible à l'état passant.

Dans le circuit de la **figure 1**, les informations des colonnes sont fournies par le registre à décalage constitué par 6 circuits intégrés du type 74LS164. Seuls 5 bits de chaque registre à décalage sont utilisés dans ce but. Le contrôleur sélectionne 7 rangées (de P1.0 à P1.2) au moyen d'un décodeur 1-sur-8 74LS138 (IC2). Seules deux lignes de port du

microcontrôleur sont nécessaires pour gérer les registres à décalage. Le port 1.7 est la ligne de données et P1.6 transmet le signal d'horloge au registre à décalage. L'entrée de réinitialisation du registre à décalage n'est pas utilisée ; son utilisation correspondrait à l'excitation de toutes les LED.

Le processus d'affichage commence par l'excitation de la rangée fictive 8. On s'assure ainsi que l'observateur ne verra pas la phase suivante de l'affichage. Les diodes s'éclaireraient en effet faiblement pendant ce temps. Le microcontrôleur extrait le caractère à afficher de sa mémoire interne et accède à un des motifs du générateur de caractères. Il en extrait le premier octet et en sépare les bits. L'entrée des données du registre à décalage est placée à un état bas (LED allumée) ou à un état haut (LED éteinte) selon que la LED correspondante doit s'allumer ou non. Le microcontrôleur active ensuite la ligne de l'horloge, le bit est repris dans le registre à décalage. Le processus est répété à 5 reprises pour le premier caractère, puis pour les 5 autres. Une fois que les motifs de tous les caractères ont été placés de cette façon dans le registre à décalage, le circuit attaquant la première rangée (R1) est activé. Toutes les LED de la première rangée dont l'entrée de colonne est au niveau bas s'allument brièvement. Puis le circuit d'attaque de la rangée est remis à l'état « éteint » et les informations des colonnes sont traitées pour la deuxième rangée. Ce processus se poursuit jusqu'à la septième rangée puis revient à la première. La procédure d'affichage n'est interrompue que lorsque l'ordinateur de commande transmet un nouveau caractère.

Détails du circuit

Maintenant que son fonctionnement de base a été suffisamment expliqué, passons à quelques-uns des détails du circuit.

Puisque le décodeur des rangées 74LS138 possède des sorties actives à l'état bas, mais que les rangées sont formées par contre par les anodes des diodes, il est indispensable de disposer d'étages tampons inverseurs. Cette fonction est confiée

à 7 transistors PNP du type BC640. Les colonnes, donc les cathodes des diodes, peuvent être attaquées directement par le registre à décalage à travers des résistances de protection de 330 Ω , car les circuits TTL peuvent supporter de 8 à 10 mA selon l'exécution.

La solution la plus pratique consiste indubitablement à utiliser des afficheurs à matrice de points prêts à l'emploi. En outre, toutes les diodes lumineuses du même afficheur ne présentent que de faibles différences de luminosité. Le choix de modules de ce type est malheureusement restreint. Les afficheurs Kingbright rouge TC12-11HWA sont par exemple exactement ce qu'il nous faut (disponibles chez Conrad France). Outre le choix limité, ces modules présentent un autre inconvénient : ils ne sont pas exactement conçus pour la commande par multiplexage. Leur intensité lumineuse de 560 à 1 400 μ cd est assez faible et même avec 4 fois le courant nominal (40 mA), on n'atteint qu'environ le double de la luminosité. Si la luminosité ne répond pas à votre attente, abaissez sans crainte les résistances de protection jusqu'à 220 Ω .

Des modules de la même série dans d'autres couleurs et plus lumineux sont disponibles, mais non sans peine si le nombre d'exemplaires requis est trop peu élevé :

TC12-11	Intensité lumineuse en mcd ($I_F=10$ mA) min...type.	Couleur
HWA	560 à 5600	Rouge
YWA	2 200 à 5 600	Jaune
SGWA	3 600 à 9 000	Vert
EWA	3 600 à 9 000	Super-rouge
SRWA	5 600 à 14 000	Hyper-rouge

Mais pourquoi ne pas assembler un affichage à matrice à partir de simples diodes ? On devrait alors, et bien que cela ne fasse aucun bien au porte-monnaie, utiliser des LED à faible courant qui atteignent déjà, avec 2 mA seulement, l'intensité lumineuse des diodes usuelles à 10 mA. La réalisation avec des diodes séparées présente toutefois encore un inconvénient : elles doivent être ajustées minutieusement une à une, ce qui prend du temps.

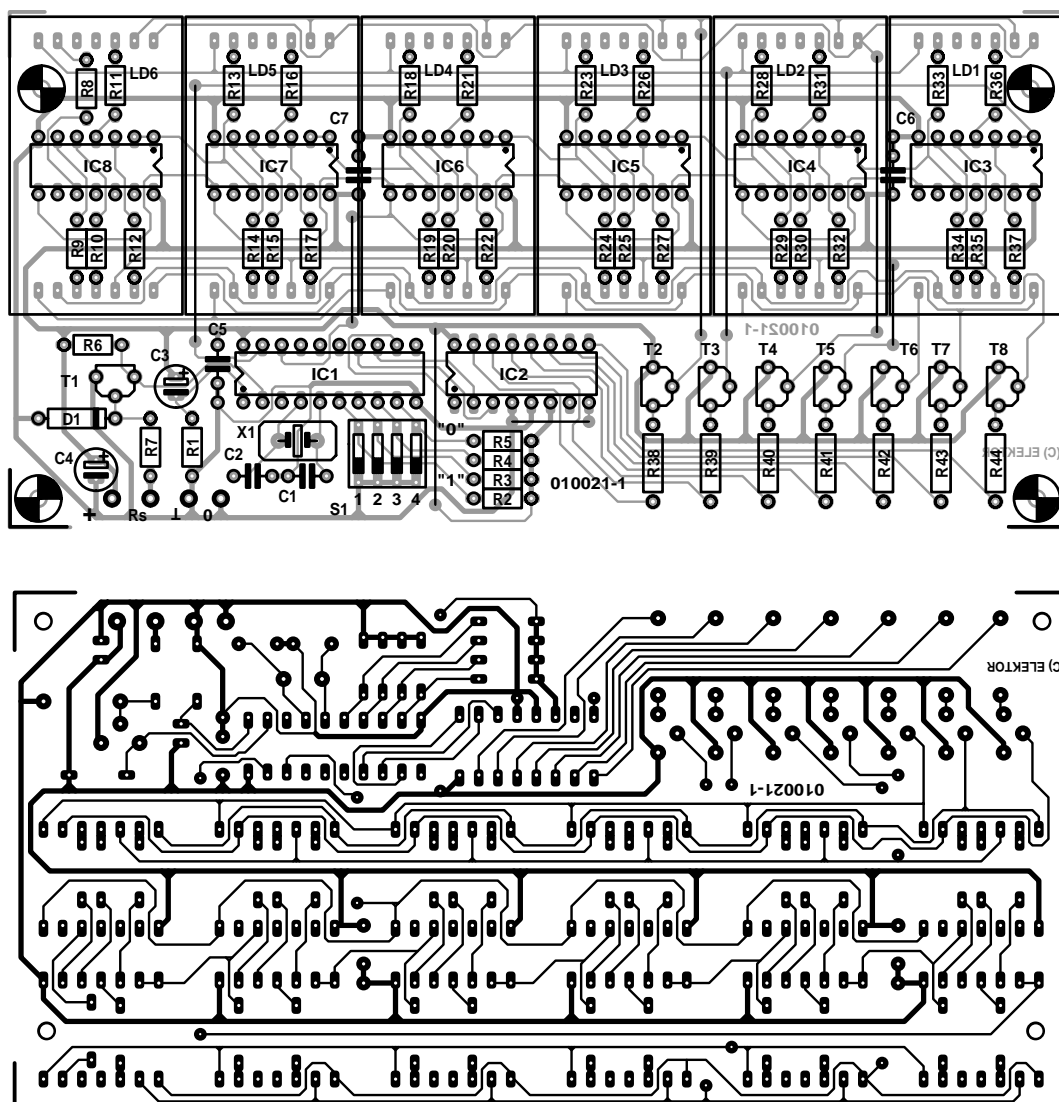


Figure 3. Dessin des pistes et sérigraphie de la platine d'un module.

Liste des composants

Résistances :

R1 à R5 = 10 k Ω
 R6, R38 à R44 = 2k Ω 2
 R7 = 33 k Ω
 R8 à R37 = 330 Ω

Condensateurs :

C1, C2 = 18 pF
 C3, C4 = 10 μ F/16 V vertical
 C5 à C7 = 100 nF

Semi-conducteurs :

D1 = 1N4148

LD1 à LD6 = TC12-11HWA
 (Kingbright, Conrad)

T1 = BC547

T2 à T8 = BC640

IC1 = 89C2051-24PC (Atmel,
 programmé EPS010021-41)

IC2 = 74LS138

IC3 à IC8 = 74LS164

Divers :

S1 = quadruple interrupteur DIP
 X1 = quartz 22,118 4 MHz

La position des 4 commutateurs DIP reliés aux ports d'entrée P3.2 à P3.5 permet d'attribuer au module une

adresse entre 0 et 15. L'adresse binaire est positionnée à l'aide du commutateur DIP, S1-8 étant le bit de

poids faible. Le commutateur est fermé lorsque la glissière a été poussée vers le circuit intégré du contrôleur. Notons au passage que les positions des contacts de ce quadruple interrupteur DIP sont uniquement prises en compte lors de la mise sous tension du circuit.

Comme les modules sont adressés individuellement, ils sont connectés parallèlement (!) à la ligne RS-232. C'est-à-dire qu'ils reçoivent tous les mêmes informations de la ligne RS-232.

L'interface RS-232 est particulièrement simple et ne requiert par le composant MAX232 habituel. Il se réduit à 1 transistor, 2 résistances et 1 diode. La résistance de protection R7 limite le courant de base du transistor lorsque l'interface du PC fournit un niveau haut. Le transistor inverse ce niveau de sorte que le port 3.0 se trouve au niveau

```

REM Programme de démonstration pour la commande de l'affichage
REM à matrice de points à 5*7 LED
REM On décale le texte de la droite vers la gauche
REM jusqu'à ce que l'affichage soit totalement éteint.
REM On introduit ensuite une pause de 1 s avant de tout
REM reprendre au début en l'absence d'action sur une touche.
REM -----
REM Initialisation de l'interface
REM -----
OPEN "COM2: 9600, N, 8, 1, CS, DS" FOR OUTPUT AS #1
PRINT #1, CHR$(12);
REM -----
CLS
LOCATE 10, 10
PRINT "Programme de démo pour journal défilant"
LOCATE 12, 10
PRINT "Pour interrompre appuyer sur une touche"
Z$ = "Montage développé par Andreas Koehler pour ELEKTOR."
REM -----
REM Boucle de sortie
REM -----
M2: V = 0
M3:   FOR ZA = V + 1 TO V + 12
      PRINT #1, MID$(Z$, ZA, 1);
      NEXT ZA
      V = V + 1
      FOR ZT = 1 TO 50000
      NEXT ZT
      PRINT #1, CHR$(12);
      IF V < LEN(Z$) THEN GOTO M3
      SLEEP (1)
      A$ = INKEY$
      IF A$ = "" GOTO M2
END

```

Figure 4. Programme BASIC pour enseigne lumineuse.

bas. Si l'interface fournit un potentiel négatif, la diode D1 passe à l'état conducteur et limite la tension négative à la base du transistor à environ -0,7 V. T1 est alors certainement bloqué, protégé contre une tension négative trop élevée, et fournit un signal de niveau haut à P3.0.

L'interface est raccordée à l'interface série du PC. Puisque aucun acquittement n'est effectué, il faut relier les lignes correspondantes : dans le cas d'un connecteur 25 broches, 4 reliée à 5, 6 reliée à 8 et à 20, dans le cas d'un connecteur 9 broches, 7 reliée à 8, 1 reliée à 4 et à 6 (**figure 2**).

La transmission a lieu à 9 600 bauds, sans parité, avec 8 bits de données et 1 bit d'arrêt.

Un quartz avec une fréquence standard de 22,118 4 MHz fournira le signal d'horloge du microcontrôleur. En modifiant l'initialisation du microcontrôleur, il est possible de se servir d'autres fréquences de quartz. Ce module a besoin d'une tension d'alimentation de 5 V. Les composants LS, un peu datés, exigent en tout presque 200 mA à l'état de repos, ce à quoi vient s'ajouter le courant LED qui peut atteindre $5 \times 6 \times 10 \text{ mA} = 300 \text{ mA}$ selon la nature des choses. L'alimentation doit pouvoir fournir 500 mA par module.

Le dessin des pistes et la sérigraphie de la platine d'un module sont reproduits à la **figure 3**. Bien que les composants ne soient pas exagérément rapprochés, le module est compact et de taille normale. Le montage ne devrait poser aucun problème. Il faut poser 8 ponts de câblage en tout. Ne pas utiliser de supports pour les circuits intégrés des registres à décalage mais uniquement pour les afficheurs. Veillez à ce que la hauteur de montage des composants sous les afficheurs soit suffisamment réduite. Pour le microcontrôleur et le décodeur IC2 vous pouvez et même devriez utiliser des supports. Le module est prêt à l'emploi après une inspection visuelle soignée du montage et des soudures.

Logiciel du contrôleur

La partie la plus importante de ce projet est peut-être le logiciel. Il peut être obtenu sous la forme d'un contrôleur programmé ou d'une disquette auprès des sources habituelles voire encore gratuitement sur le domaine Internet de téléchargement du site Web d'Elektor. Outre le fichier HEX permettant de programmer directement le contrôleur, le téléchargement comporte bien entendu le code assembleur abondamment commenté (en allemand, il va vous falloir vous mettre à la langue de Goethe !). Sans intérêt ? Passez alors directement au chapitre suivant. Pour les spécialistes de langages assembleur désireux d'expérimenter, voici la description du logiciel.

Le logiciel commence par l'initialisation. C'est là que sont positionnés le pointeur de la pile, les registres de l'interface série et les registres du temporisateur. C'est aussi là que se prépare l'interruption pour l'interface série. Le contrôleur lit l'adresse du module positionnée par commutateur DIP dans le sous-programme PBE appelé uniquement lors de la mise sous tension. Après quelques opérations arithmétiques et logiques, le contrôleur obtient la position du premier caractère dans la grille et la stocke temporairement dans un emplacement mémoire. Les 5 autres positions sont calculées par incrément.

Le sous-programme LOE efface l'af-

Autres caractères

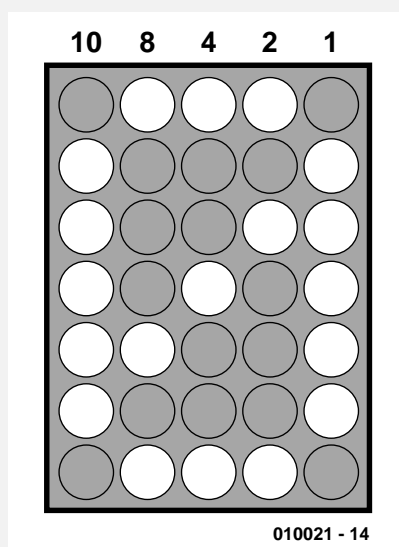
Il faut, pour définir ses propres caractères, intervenir au niveau du code programme (punzelek.a51) du microcontrôleur. Rassurez-vous, il ne s'agit pas là d'une tâche réservée aux spécialistes, il est possible, même avec une expérience limitée, de se « dépatouiller » en programmation assembleur. Tout ce dont on a besoin est (bien évidemment) un programmeur simple doté du logiciel adéquat, logiciel que l'on peut trouver, par exemple, gratuitement, aux adresses Internet suivantes :

www.atmel.com/pub/atmel/asmb51.exe
www.atmel.com/pub/atmel/mlasm51.exe

L'image montre la structure d'une matrice de points 5 x 7. Dans une rangée (horizontale) on additionne les valeurs des LED éteintes et on ajoute le résultat à la valeur hexadécimale EO_{HEX}. Les 7 valeurs ainsi obtenues sont ensuite transférées l'une après l'autre dans le générateur de caractères à la fin du code de programme.

DEFB OF1H, OEEH, OECH, OEAH, OE6H, OEEH, OF1H ; 0

Si l'ensemble de l'opération peut paraître pénible, il n'en a pas moins l'intérêt (l'avantage) de permettre (d'obliger) de se (re)mettre aux opérations en hexadécimal !



affichage. Dans ce but, chaque sortie du registre à décalage est placée à un niveau haut et le circuit d'attaque des rangées est positionné sur une rangée inutilisée. En outre, le compteur de caractères transmis par l'interface série est réinitialisé. Les registres des caractères à afficher sont aussi effacés pour éviter l'apparition de caractère non valables.

Le microcontrôleur commence alors à commander l'affichage. Puisque tous les registres sont initialement effacés, l'affichage reste éteint. Cela ne change que lorsque le PC envoie un caractère ASCII. Le sous-programme d'interruption SERIN est exécuté. Le premier caractère est tout d'abord compté et stocké temporairement. Il est ensuite examiné pour voir s'il s'agit du seul caractère de commande admis 0C_{HEX} (CTRL L). Si cela est le cas, l'affichage est effacé et le compteur de caractères réinitialisé. Un contrôle

supplémentaire dans SER0 garantit que seuls les caractères plus grands que 20_{HEX} seront représentés. Sinon, une partie du code du programme serait utilisée comme générateur de caractères, ce qui conduirait à des affichages absurdes. En outre, le sous-programme de transcodage prendrait un temps particulièrement long et l'affichage scintillerait. C'est pourquoi les caractères définis par l'utilisateur devaient toujours se trouver au début du générateur de caractères. SER1 contrôle si le caractère transmis est prévu pour la position de l'affichage. Pour ce faire, toutes les positions déterminées par PBE sont comparées au compteur de caractères. En cas d'inégalité, le sous-programme se termine en se contentant de mettre à jour le compteur de caractères. Seul un caractère valable pour cette position est transmis à un registre pour la représentation après une correction de la valeur

ASCII (tous les caractères < 20_{HEX} sont éliminés).

La représentation suit la réception et le traitement du caractère. Les rangées sont traitées l'une après l'autre dans une boucle. Le code de générateur de caractères est calculé à partir du numéro de rangée et du code du caractère dans le registre d'affichage et placé temporairement dans le registre A. Le sous-programme ANZ examine bit par bit le code du générateur de caractère. Le niveau de chaque bit de ce code est repris dans le registre à décalage. Cette opération se répète pour tous les 6 indicateurs d'état R2 à R7.

Si une ligne est complète dans le registre à décalage, elle est activée dans 3 boucles temporelles par l'intermédiaire du décodeur de rangées. La huitième rangée qui suit n'est pas disponible mais sert à construire la rangée suivante. Et ainsi de suite, jusqu'à ce que toutes les rangées soient affichées, puis tout recommence.

Logiciel PC

Jetons à présent un coup d'œil à la liaison RS-232 avec le PC. Il est nécessaire de disposer d'un programme d'émulation de terminal qui transmette les caractères ASCII en format RS-232 par l'interface série. On pourrait se servir par exemple de « Hyperterminal », mais il est plus clair de se servir d'un petit programme spécialement conçu pour cette tâche. La figure 4 représente un petit programme illustratif en BASIC qui se passe pratiquement d'explication ; il envoie par COM2 le texte *Montage développé par Andreas Koehler pour ELEKTOR* comme enseigne lumineuse se déroulant de droite à gauche sur 2 modules.

La boucle de sortie ZA doit être adaptée au nombre de modules raccordés. On inclura donc dans la ligne

```
FOR ZA = V + 1 TO V + 12
```

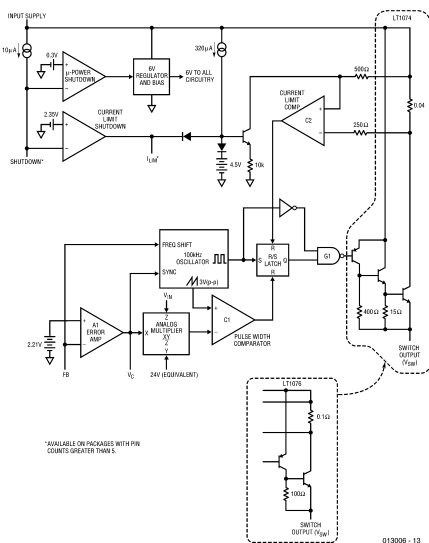
le nombre position d'affichage comme dernier nombre de la ligne, donc 6 dans le cas d'un module, 12 dans le cas de deux, 18 dans le cas de trois et ainsi de suite.

Le délai de la boucle temporelle suivante ZT détermine la vitesse à laquelle le texte défile. Le nombre (50 000) de passages dans la boucle est tout à fait acceptable pour les PC les plus lents ; dans le cas d'un PC dont la fréquence d'horloge n'est pas « en retard », il est nécessaire de découpler, voire de centupler cette valeur.

(010021)

LT1074/76

Régulateur de tension



ter à quelque 2% pour conserver un pilotage du courant de sortie. Cela impliquerait une durée de découpage de 200 ns à une fréquence de découpage de 100 kHz, de sorte que la fréquence devrait être abaissée à des tensions de sortie très faibles. On obtient ce fonctionnement par application du signal FB à l'oscillateur où il entraîne une chute de fréquence linéaire lorsque la tension FB chute en-des-

Caractéristiques électriques ($V_{IN} = 25\text{ V}$, $T_{amb} = T_i = 25\text{ °C}$, sauf mention contraire, *: sur la totalité de la plage des températures de service)

Paramètre	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unité
Commutateur sur « on »	LT1074	$I_{SW} = 1\text{ A}, T_j \geq 0\text{ °C}$			1,85	V
		$I_{SW} = 1\text{ A}, T_j < 0\text{ °C}$			2,1	V
		$I_{SW} = 5\text{ A}, T_j \geq 0\text{ °C}$			2,3	V
		$I_{SW} = 5\text{ A}, T_j < 0\text{ °C}$			2,5	V
	LT1076	$I_{SW} = 0,5$	*		1,2	V
		$I_{SW} = 2\text{ A}$	*		1,7	V
Tension de fuite Commutateur sur « off »	LT1074	$V_{IN} \leq 25\text{ V}, V_{SW} = 0$		5	300	μA
		$V_{IN} = V_{MAX}, V_{SW} = 0$		10	500	μA
	LT1076	$V_{IN} \leq 25\text{ V}, V_{SW} = 0$			150	μA
		$V_{IN} = V_{MAX}, V_{SW} = 0$			250	μA

ELEKTÖR

INFOCARTE 6/2001

sous de 1,3 V. La limite de surtension est définie par la tension sur la broche I_{LIM} alimentée par une source de courant interne de 320 μA .

Une broche en l'air est forcée en interne à 4,5 V, ce qui fixe la limite de courant à 6,5 A (LT1074) et 2,6 A (LT1076). Dans le cas du boîtier à 7 broches, une résistance externe prise entre I_{LIM} et la masse permet d'abaisser le seuil d'entrée en fonction de la limitation de courant. Un condensateur parallèle assure une entrée en fonction en douceur (*soft start*) de la limitation de courant. Un faible offset de C2 garantit une remise à zéro immédiate de la bascule R/S et de ce fait un rapport cyclique de 0% lorsque I_{LIM} tombe en-dessous de 200 mV, tension référencé à la masse.

La broche Shutdown sert à forcer le rapport cyclique de découpage à 0 (forçage de la broche I_{LIM} au niveau bas) ou pour mettre l'ensemble du régulateur en sommeil. La valeur de seuil de la première variante se trouve à 2,35 V, pour la seconde à quelque 0,3 V. La consommation de courant totale en mode de veille (*shutdown*) est de l'ordre de 150 μA . Un courant de forçage au niveau haut (*pull up*) de 10 μA au niveau haut une broche shutdown qui se trouverait en l'air.

La mise en circuit d'un condensateur permet de disposer d'une mise en fonction progressive. L'adjonction d'un diviseur de tension permet de disposer d'un verrou de sous-tension (*undervoltage lockout*) si l'on fixe à 2,35 V la tension du diviseur pour la valeur limite désirée.

LT1074/76

Régulateur de tension

LT1074/76

Régulateur à découpage abaisseur

Fabricant :

Linear Technology

www.linear-tech.com

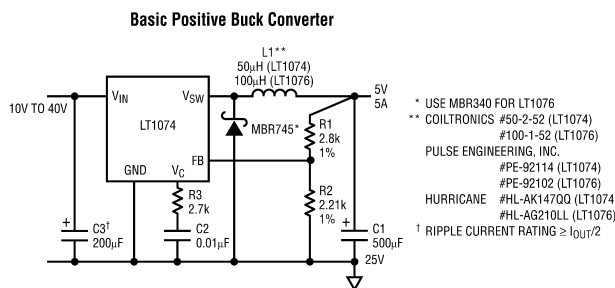
Caractéristiques :

- Courant de sortie embarqué (*onboard*) de 5 A (LT1074)
- Courant de sortie embarqué (*onboard*) de 2 A (LT1076)
- Fréquence de découpage de 100 kHz
- Excellent comportement dynamique
- Disponible en boîtiers 5 et 7 broches faible coût
- Courant de repos de 8,5 mA seulement
- Limitation de courant ajustable
- Accepte des tensions d'entrée jusqu'à 60 V
- Mode de veille (*shutdown*) à faible consommation de courant

Description :

Le LT1074 (LT1076) est un régulateur de tension à découpage bipolaire capable de fournir, encadré par un tout petit nombre de composants connexes, un courant de 5 A (2 A pour le LT1076).

Il intègre commutateur de puissance, oscillateur, limitation de courant et circuit de commande. Ce régula-



Application typique

ELEKTÖR

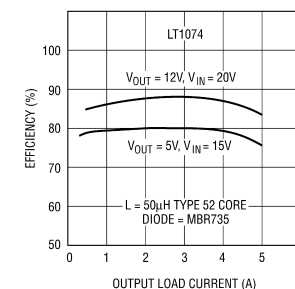
INFOCARTE 6/2001

teur à découpage est basé sur une configuration abaisseur positive sophistiquée ce qui en permet l'utilisation en tant que convertisseur positif/négatif, circuit de puissance négatif voire convertisseur *flyback*. La sortie de commande peut être forcée jusqu'à un niveau de tension se situant 40 V en-deçà du potentiel de la masse, de sorte que le LT1074 est en mesure, en mode *step-down*, d'attaquer des inductances couplées à des courants de sortie pouvant aller jusqu'à 10 A. Le LT1074 dispose d'un multiplicateur analogique pris dans la boucle de contre-réaction, de sorte que le circuit réagit quasi-instantanément aux fluctuations de la tension d'entrée et régule en conséquence le gain en boucle. Cela permet d'obtenir un comportement dynamique sensiblement meilleur que celui de régulateurs ordinaires.

La limitation de courant qui travaille d'impulsion en impulsion protège de façon quasi-totale contre toute surcharge ou court-circuit. La plage des tensions d'entrée va, en mode abaisseur, de 8 à 60 V, une fonction d'auto-démarrage (*self-boot*) garantit un fonctionnement sûr même dans le cas d'une tension d'entrée de +5 V tant en mode inverseur qu'abaisseur.

Le LT1074 est proposé en boîtier à faible coût TO-220 et TO-3; la fréquence de découpage est fixée à 100 kHz et la limitation de courant à 6,5 A (LT1076 à 2,6 A). Il existe également des versions de ce circuit intégré en boîtier TO-220 à 7 broches dont il est

Buck Converter Efficiency



013006 - 11

LT1074/76

Régulateur de tension

ELEKTOR
INFOCARTE 6/2001

possible d'ajuster la limitation de courant jusqu'à 0. Ce composant connaît également un mode de veille (*shutdown*) à consommation de courant négligeable.

Exemple d'application :

alimentation à découpage « auto » Elektor n°276 (juin 2001)

<p>LT1076: $\theta_{JC} = 4^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 30^\circ\text{C/W}$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LT1076CQ LT1076IQ</p>	<p>LT1076: $\theta_{JC} = 4^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 30^\circ\text{C/W}$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LT1076CR LT1076HVR LT1076HVK LT1076HVMK</p>
<p>LT1074: $\theta_{JC} = 2.5^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 35^\circ\text{C/W}$ LT1076: $\theta_{JC} = 4^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 35^\circ\text{C/W}$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LT1074CT LT1074HVT LT1074IT LT1074HVT LT1076CT LT1076IT LT1076HVT</p>	<p>LT1074: $\theta_{JC} = 2.5^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 35^\circ\text{C/W}$ LT1076: $\theta_{JC} = 4^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 35^\circ\text{C/W}$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LT1074CT LT1074HVT LT1074IT LT1074HVT LT1076CT LT1076IT LT1076HVT</p>

*Assumes package is soldered to 0.5 IN² of 1 oz. copper over internal ground plane or over back side plane.

013006 - 12

Brochage et types de boîtier

Synoptique :

Un cycle de découpage du LT1064 commence par le positionnement de la bascule bistable R/S par le biais de l'oscillateur. La même impulsion bloque également le transistor de commutation par le biais de la porte G1. La largeur effective de l'impulsion, à savoir quelque 700 ns, définit à quelque 93% le rapport cyclique de commutation à une fréquence de découpage de 100 kHz. Le comparateur de largeur d'impulsion C1 remet la bascule R/S à zéro et partant le commutateur. C1 compare la dent de scie de l'oscillateur avec le signal de sortie du multiplicateur analogique qui, à son tour, est dérivé du produit de la référence de tension interne par la tension de sortie de l'amplificateur d'erreur A1, divisé par la tension d'entrée du régulateur.

Dans la configuration « buck » classique la tension de

Applications :

- Convertisseur abaisseur à plage de tensions de sortie allant de 2,5 à 50 V
- Convertisseur abaisseur fournissant 10 A à 5 V
- Convertisseur positif/négatif
- Convertisseur de puissance négatif
- Convertisseur abaisseur à sorties multiples

sortie de A1 sert à l'obtention d'une tension de sortie régulée constante qui sera indépendante de la tension d'entrée du régulateur.

L'amplificateur d'erreur à transconductance à GM de 0 aux alentours de 5 000 μmho possède une plage de courant de 140 μA (*source*) allant jusqu'à quelque 1,1 mA (*drain*). Cette asymétrie empêche toute oscillation à la mise sous tension. On ne trouve pas sur le schéma le réseau pris en série entre VC et la masse, réseau chargé de la compensation en fréquence de l'ensemble de la circuiterie interne.

Le comparateur de limitation de courant C2 surveille en permanence le courant de découpage et en cas de surintensité il remet la bascule bistable R/S et par conséquent le transistor de commutation à zéro en moins de 600 ns. En cas de mise en court-circuit de la sortie, le rapport cyclique de découpage devrait chu-

LT1074/76

Régulateur de tension

ELEKTOR
INFOCARTE 6/2001

Le commutateur du LT1074 est un Darlington NPN qui se trouve attaqué par un transistor PNP amené à saturation (un unique PNP dans le cas du LT1076). La mise en oeuvre d'un pilotage breveté permet d'obtenir un comportement de commutation rapide du

transistor PNP. Cette approche élimine la présence de blocs d'isolation à la sortie de commutation de sorte qu'il est possible de la faire descendre jusqu'à 40 V en-dessous de la masse.

Caractéristiques électriques ($V_{IN} = 25\text{ V}$, $T_{amb} = T_J = 25^\circ\text{C}$, sauf mention contraire, *: sur la totalité de la plage des températures de service)						
Paramètre	Conditions		Min.	Typ.	Max.	Unité
Consommation de courant	$V_{FB} = 2,5\text{ V}$, $V_{IN} = 40\text{ V}$		*	8,5	11	mA
	$40\text{ V} < V_{IN} < 60\text{ V}$		*	9	12	mA
	$V_{SHUT} = 0,1\text{ V}$		*	140	300	mA
Tension d'alimentation minimale	Mode normal		*	7,3	8	V
	Mode Start (V_{IN} vers Masse $\geq 8\text{ V}$)		*	3,5	4,8	V
Limitation de courant de commutation	LT1074	I_{LIM} ouvert	*	5,5	6,5	A
		$R_{LIM} = 10\text{ k}$		4,5		A
		$R_{LIM} = 7\text{ k}$		3		A
	LT1076	I_{LIM} ouvert	*	2	2,6	A
		$R_{LIM} = 10\text{ k}$		1,8		A
		$R_{LIM} = 7\text{ k}$		1,2		A
Rapport cyclique maximal			*	85	90	%
Fréquence de découpage	$T_J \leq 125^\circ\text{C}$		*	90	100	kHz
			*	85	120	kHz
	$T_J > 125^\circ\text{C}$		*	85	125	kHz
		$V_{FB} = 0\text{ V}$ sous 2 kW		20		kHz
Régulation de charge de la fréquence de découpage	$8\text{ V} \leq V_{IN} \leq V_{MAX}$		*	0,03	0,1	%/V
Gain en tension de l'amplificateur d'erreur	$1\text{ V} \leq V_C < 4\text{ V}$			2000		V/V
Transconductance de l'amplificateur d'erreur				3700	5000	8000 μmho
Consommation/fourniture de courant de l'amplificateur d'erreur	Source ($V_{FB} = 2\text{ V}$)			100	140	225 μA
	Sink ($V_{FB} = 2,5\text{ V}$)			0,7	1	1,6 mA
Courant de repos de la broche Feedback	$V_{FB} = V_{REF}$		*	0,5	2	μA
Tension de référence	$V_C = 2\text{ V}$		*	2,155	2,21	2,265 V
Tolérance de la tension de référence	$V_{REF} = 2,21\text{ V}$ (nominal)			$\pm 0,5$	$\pm 1,5$	%
	Tous les domaines de tensions d'entrée et de sortie, de températures et de courants de charge N		*	± 1	2,5	%
Régulation de charge de la tension de référence	$8\text{ V} \leq V_{IN} < V_{MAX}$		*	0,005	0,02	%/V
Tension VC à un rapport cyclique de 0%				1,5		V
	sur température		*	-4		mV/°C
Multiplicateur de la tension de référence				24		V
Consommation de la broche Shutdown	$V_{SH} = 5\text{ V}$		*	5	10	20 μA
	$V_{SH} \leq V_{THRESHOLD} (\approx 2,5\text{ V})$		*		50	μA
Valeur de seuil de la broche Shutdown	Rapport cyclique de la sortie de commutation = 0		*	2,2	2,45	2,7 V
	Shutdown complet		*	0,1	0,3	0,5 V
Résistance thermique jonction-boîtier	LT1074				2,5	K/W
	LT1076				4,0	K/W

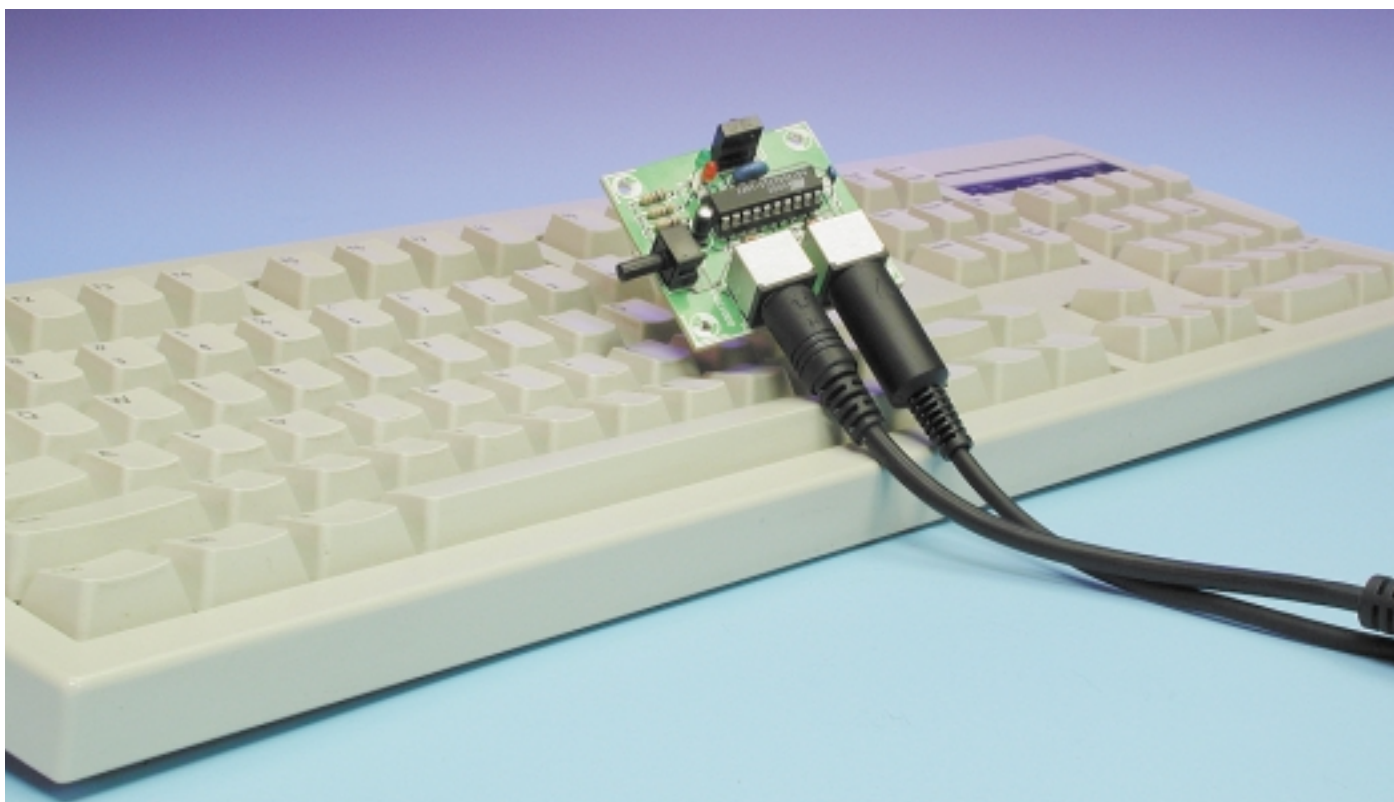
Télécommande pour PC

Récepteur de télécommande RC5 pour le PC

Johannes Ferber

McFerber@gmx.net

Le récepteur infrarouge (IR) pour le PC présenté ici permet de commander à distance, par le biais d'une télécommande RC5 du commerce, un programme quelconque. Cette solution prend tout son intérêt lorsque le PC concerné fait office, par le biais de la carte-TV dont il est doté, de téléviseur ou encore lorsque, à au travers de Winamp, il sert de lecteur MP3 pour l'installation audio Hi-Fi.



Dès lors que l'on envisage d'utiliser le PC du salon comme téléviseur ou comme maillon de la chaîne audio, il devient pratiquement impossible de se passer de télécommande. À qui viendrait-il en effet l'idée de devoir saisir

son clavier de PC à chaque fois qu'il veut jouer sur le volume du son ou changer de chaîne ? Un PC ne dispose malheureusement pas de récepteur infrarouge intégré compa-

tible avec les télécommandes IR courantes. Il ne reste partant pas d'autre solution que de concevoir soi-même les matériel et logiciel requis par cette fonction.

Il faut, pour permettre à un PC de réagir aux impulsions infrarouge émises par la télécommande, franchir un certain nombre d'étapes intermédiaires. Il faut commencer par disposer d'un matériel capable de recevoir les impulsions infrarouge et de les préparer de façon à ce qu'elles puissent être comprises par un microcontrôleur et transformées, en fonction de sa programmation (définie par l'utilisateur), en un format différent. On pourra, à cet effet, mettre à contribution l'un des ports du PC, que ce soit l'interface série (RS-232) ou son interface parallèle. Le récepteur de télécommande est cependant prévu lui pour une utilisation au niveau de l'interface du clavier. Cette solution ne présente que des avantages : le matériel se résume à peu de choses (on pourra se contenter d'un adaptateur de niveau), son alimentation pourra se faire directement depuis l'interface clavier (ce qui élimine le besoin d'une alimentation externe) et les signaux du clavier vers le PC et dans le sens inverse sont tout simplement retransmis logiquement (ce qui permet une connexion permanente du récepteur dans la liaison et évite d'avoir à chaque fois à procéder à une opération de déconnexion/reconnexion). Il n'est pas nécessaire, au niveau de l'ordinateur, d'installer quelque logiciel que ce soit, de sorte que ce circuit est totalement indépendant du système d'exploitation utilisé et qu'il fonctionne tout aussi bien sous Windows que sous Linux ou DOS. Vu d'autre part que les ordinateurs de la famille Apple utilisent le même protocole clavier que les PC, ce montage travaille même sous MacOS et Cie.

Matériel et logiciel

Le matériel dont on retrouve le schéma en **figure 1** est on ne peut plus simple. Il se résume à une paire de circuits intégrés associés à quelques composants passifs et à une touche et 2 LED qui constituent l'« interface utilisateur ». Le clavier est branché sur l'embase PS2 K2, le PC l'étant à l'embase PS2 K1 par le biais d'un câble de liaison (doté d'une fiche mâle à ses 2 extrémités). IC1 est un TSOP1736, un récepteur/démodulateur IR combiné de chez Vishay souvent utilisé et dont

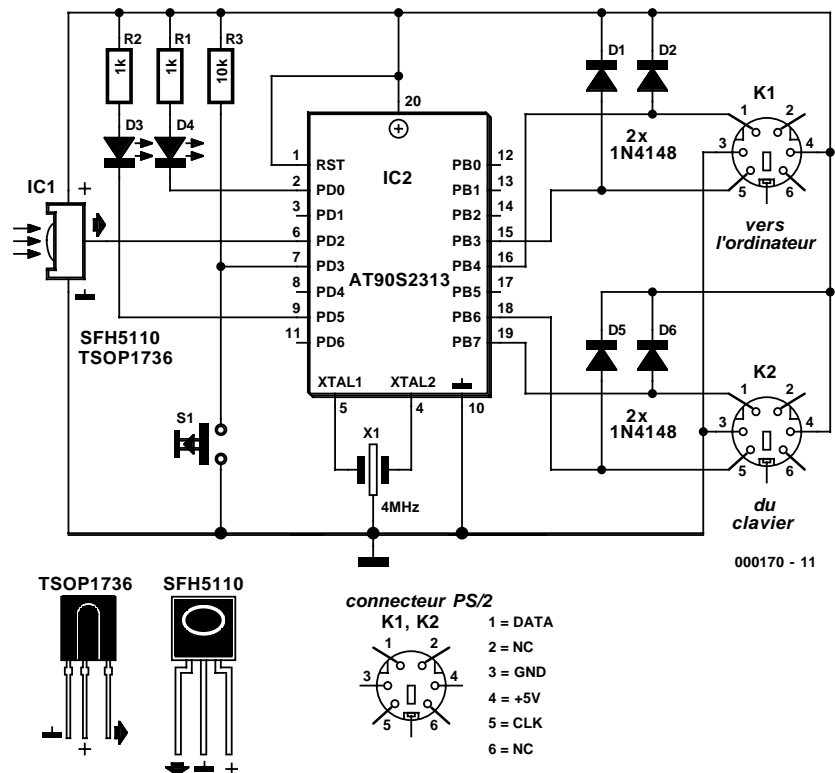


Figure 1. Le schéma de notre télécommande RC5 pour PC se résume à bien peu de choses.

on retrouve la fiche de caractéristiques à l'adresse :

www.vishay.com/products/optoelectronics/tsop17x.html

ou encore d'un SFH5110, le successeur du SFH506 de Siemens. Il faudra, lors du choix de ce composant, s'assurer qu'il possède une fréquence de modulation de 36 kHz, sachant que c'est là la fréquence utilisée par la majorité des télécommandes IR. On dispose, à la sortie de ce composant de réception (broche 2) le signal fourni par la télécommande démodulé, amplifié et débarrassé de parasites.

Le microcontrôleur, un AT90S2313 d'Atmel, reçoit le signal par le biais de son port PD2. Ce contrôleur 8 bits qui fait partie de la famille AVR à architecture RISC d'Atmel a déjà été utilisé à plusieurs reprises dans des projets publiés dans ce magazine. On pourra télécharger des informations concernant le set d'instructions, la fiche de caractéristiques et les applications à l'adresse Internet suivante : www.atmel.com/atmel/products/prod200.htm.

L'une des caractéristiques les plus importantes du AT90S2313, en ce qui nous concerne : le microcontrô-

leur dispose d'une mémoire en EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory = mémoire morte programmable à effacement électrique) d'une taille de 128 octets qui servira, lors de la phase de programmation, à stocker les instructions de la télécommande et des touches du clavier, instructions qui pourront ensuite, lors de l'utilisation en mode normal, être consultées et appelées.

Le programme complet, près de 1 Koctet de code, à mettre dans le microcontrôleur d'Atmel a été écrit à l'aide de l'assembleur mis gratuitement à disposition par Atmel, logiciel disponible au téléchargement à l'adresse Internet suivante : www.atmel.com/atmel/products/prod203.htm.

Il existe 3 moyens d'obtenir ce logiciel : la solution la plus simple (mais aussi la plus coûteuse) consiste à acheter le microcontrôleur programmé (code **EPS000170-41**) auprès des adresses habituelles. Il est possible, pour ceux d'entre nos lecteurs qui en ont les moyens physiques, de programmer le microcontrôleur soi-même; nous proposons à cet effet et aux mêmes adresses, à l'intention de ceux d'entre vous qui n'auraient pas accès au site Internet d'Elektor, le programme (code source et fichier HEX) sur disquette (code **EPS000170-11**), mais comme nous le soulignons plus haut, ces fichiers sont également disponibles, gratuitement, au téléchar-

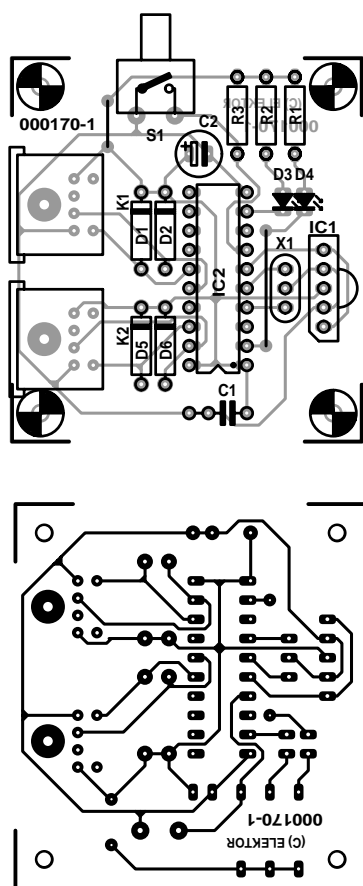


Figure 2. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants et du dessin des pistes de la platine dessinée à l'intention de ce projet.

Liste des composants

Résistances :

R1, R2 = 1 k Ω
R3 = 10 k Ω

Condensateurs :

C1 = 100 nF
C2 = 10 μ F/16 V vertical

Semi-conducteurs :

D1, D2, D5, D6 = 1N4148
D3 = LED à haut rendement rouge
D4 = LED à haut rendement verte
IC1 = TSOP1736 (Conrad 171069) ou SFH5110
IC2 = AT90S2313 (programmé EPS 000170-41)

Divers :

S1 = bouton-poussoir unipolaire à contact travail
K1, K2 = embase mini-DIN encartable à 6 contacts
X1 = résonateur 4 MHz à 3 contacts

gement depuis le site Elektor à la rubrique Téléchargements à l'adresse :

www.elektor.presse.fr.

On y trouvera également un fichier .pdf du dessin du circuit imprimé. Pour l'instant, le logiciel se limite aux télécommandes RC5, l'auteur est en train d'assurer l'implémentation pour d'autres codes de télécommande. Le gros problème à ce niveau est le nombre de bits de commande (*control-bit*) requis qui influe sur le nombre maximal d'instructions IR possible. Vu que l'on génère, à partir du code IR, l'adresse de l'EEPROM à laquelle doit être stockée le code du clavier, le nombre de codes IR ne doit pas dépasser le nombre d'octets disponibles en EEPROM (128 dans le cas présent). Ceci est malheureusement le cas avec un certain nombre de standards IR. Une solution à ce problème pourrait prendre la forme d'une EEPROM I²C additionnelle.

Que devrions-nous raconter au sujet de réalisation de ce montage sur la minuscule platine dont on retrouve en figure 2. Pas grand chose nous semble-t-il. Pour peu que l'on ne fasse pas d'erreur de polarité lors de l'implantation des composants (la lentille du récepteur IR sera, est-il vraiment nécessaire de le préciser, orientée vers l'extérieur de la platine, le montage devrait fonctionner du premier coup. Il est important que le câblage des 2 embases PS2 soit effectué correctement sachant que sinon le logiciel ne peut pas fonctionner (bien que la LED verte clignote comme prévu).

Attention : une erreur de polarité lors de l'implantation du microcontrôleur ou du circuit récepteur IR peut entraîner, potentiellement, un endommagement de la carte-mère. Il faudra partant s'assurer, avant la mise en place du circuit intégré, de la polarité correcte, au niveau du support, de tension d'alimentation.

La programmation

La programmation par l'utilisateur est on ne peut plus simple. Après mise sous tension du PC on devrait avoir clignotement de la LED verte. Une action sur le bouton-poussoir S1 fait passer le programme stocké dans le microcontrôleur en mode de

programmation. Cette commutation de mode est signalée par un allumage continu de la LED verte. Il faut maintenant actionner, sur la télécommande utilisée, l'une des touches, disons la touche PLAY. La réception de cette instruction est confirmée par un changement d'état de la LED rouge. On actionne ensuite, sur le clavier, la touche correspondante (X pour Play dans le cas de Winamp), ce qui se traduit à nouveau par un changement d'état de la LED rouge. L'attribution de cette fonction est terminée, mais il est possible, à tout moment, en reprenant cette procédure, de modifier cette correspondance fonction-touche.

Les combinaisons de touches telles que Ctrl+ T seront, comme d'habitude, obtenues par une action sur la touche Ctrl suivie d'une action sur la touche T, la pression sur la touche Ctrl étant maintenue. On répète de processus de programmation pour les attributions suivantes, et ceci, jusqu'à ce que l'EEPROM soit pleine, ce qui est le cas après la saisie de 64 correspondances. En raison de la taille relativement limitée de la mémoire EEPROM seules sont licites les combinaisons de touches n'ayant pas plus de 2 codes Make (2 touches partant), la combinaison Ctrl+S est permise, la combinaison Ctrl+ Alt+ A ne l'est pas elle. Ceci permet de travailler avec la quasi-totalité des raccourcis (*shortcut*) standards. On peut bien entendu faire appel à des raccourcis défendus ou à des saisies clavier de plusieurs actions successives en les convertissant en une macro-instruction disposée sous l'un des raccourcis licites. À titre info uniquement. Une fois que l'on en aura terminé avec la programmation on quittera le mode d'apprentissage par une nouvelle action sur le bouton-poussoir, ce qui se traduit par le passage de la LED verte en mode clignotant. Si l'on actionne l'une des touches de la télécommande définies au cours du processus de programmation, le microcontrôleur confirme la réception de l'instruction par un basculement de la LED rouge et envoie le code clavier correspondant vers le PC.

(000170)

CANDIP

Se faire la main, et au CAN et à l'AVR

CANDIP (développé par Lawicel) est un set de petites unités à microcontrôleur enfoui au format DIP doté d'un bus CAN (Controller Area Network) permettant à son utilisateur de créer rapidement de nouveaux produits.

Il se pourrait que vous ayez besoin de quelques Entrées/Sorties numériques reliées à un bus CAN ou d'un noeud « intelligent » associé à un moteur commandé par PID. On peut considérer la ligne de produits CANDIP comme une minuscule « mono-carte » dotée d'une interface CAN.

Il existe, pour le moment, 2 membres de la famille CANDIP, le premier basé sur un membre de la famille AVR d'Atmel, un AT90S8515, associé à un contrôleur CAN SJA1000 de l'écurie Philips. L'autre produit CANDIP disponible repose sur un processeur de Infineon (Ex-Siemens), un C505A, dérivé du 8051 doté d'une interface CAN intégrée ainsi que d'une Flash du type 29F010.

Les produits CANDIP comportent également des transmetteurs RS-232, et un circuit de remise à zéro garantissant une bonne initialisation du système après une mise sous tension et un arrêt du microcontrôleur lorsque la tension d'alimentation tombe en-deçà d'une valeur critique. Il embarque un transmetteur CAN répondant aux normes ISO-11898 mais rien n'interdit d'utiliser un transmetteur CAN externe doté de son matériel propre et connecté au système par l'intermédiaire d'une liaison isolée par le biais, par exemple, d'opto-isolateurs.

Le CANDIP/ST2 est un moyen pratique de se familiariser avec la famille AVR d'Atmel et le contrôleur CAN SJA1000 de Philips que nous avons, au demeurant, utilisé avec plusieurs projets décrits dans ce magazine.

La raison du choix de l'AVR tient

plus particulièrement aux bénéfices de disposer d'une possibilité simple de programmation du microcontrôleur lors de la mise au point et des essais de nouveaux codes, sachant que l'AVR supporte l'ISP (*In System Programming*). L'AVR dispose en outre d'une mémoire de programme en EEPROM de bonne taille et également de RAM, le tout embarqué sur la même puce.

Le SJA1000 est un contrôleur CAN à la mise en oeuvre facile, utilisable avec pratiquement n'importe quel type de microcontrôleur, de sorte que, même si votre système-cible n'est pas un AVR, il est aisé de porter le code écrit sur le CANDIP, utilisant le SJA1000 avec votre microcontrôleur favori.

Le CANDIP/ST2 Starter Kit se compose de 2 CANDIP/AVR (microcontrôleur à la Basic Stamp II), de 2 platines ACB1/1 (*Activity Board*), d'un câble CAN, d'une liaison RS-232, d'une disquette comportant des programmes d'exemple, des manuels et des démonstrations.

On trouve sur la disquette un manuel pour le CANDIP, l'Activity Board et le CAN-LIB. Les Activity Boards sont configurés pour travailler, dès la mise sous tension, avec le programme d'exemple, de sorte que l'on peut immédiatement se faire une idée de quoi il retourne.

Sur le premier AC l'interrupteur PD3 est ouvert, sur l'autre il sera fermé. Cette information permet de paramétrer l'identificateur de noeud (node-ID) lorsque le programme démarre, de manière à ce que chaque noeud ait une identité

nodale différente.

Après interconnexion des Activity Boards par le biais du câble CAN, une action (pression ou relâchement) sur l'un des boutons-poussoirs identifiés par un PB2 ou PB3, se traduit par l'émission d'une trame CAN sur le bus. L'autre noeud détecte les trames et affichera le résultat par le biais des LED marquées LD1 et LD2. On a vite fait de constater ainsi combien il est facile de distribuer des E/S numériques par l'intermédiaire d'un bus CAN. La démonstration travaillant à une vitesse de bus de 125 Kbits/s, la distance maximale entre les cartes pourrait, en fait, atteindre 500 mètres !.

Voici les outils matériels et logiciels recommandés pour CANDIP :

Compilateurs :

ICCAVR de Imagecraft

www.imagecraft.com/

CV-AVR de Info Tech

www.infotech.it.to/

BASCOM-AVR de MSC Electronics

www.mcselec.com/

Programmateurs

AVR-ISP et ISP-GOLD de KANDA

www.kanda.com/

WiCAN de Lawicel

www.candip.com/

Outils CAN :

PPCCAN de Lawicel

www.lawicel.com/e-ppcan.htm

Pour de plus amples informations concernant en particulier le prix des différents produits décrits ici on pourra faire un tour sur les sites Internet suivants :

www.cbsouthport.com

www.candip.com (en construction).

Note : il va sans dire que l'ensemble de la documentation accompagnant ces outils de développement est en anglais.

(005157-1)

DCI-PLC

Simulation PLC par ordinateur

projet : Ivo de Coninck

Les PLC (*Programmable Logic Controller*) sont des cartes à microcontrôleur dites automates que l'on utilise, dans l'industrie, dans nombre d'applications de pilotage ou d'automatisation. Le PLC que décrit le présent article en est une version logicielle. Il permet de simuler un PLC complet sur un PC standard tournant sous Windows. Grâce à un boîtier externe connectable au PC, il devient possible ainsi de mesurer et de piloter nombre d'applications réelles.

Dans l'industrie les PLC sont connus sous la dénomination d'AP (**A**utomates **P**rogrammables). Ce que cache cette terminologie est une électronique conçue en vue d'automatiser des machines et des processus. Un PLC remplace de ce fait des circuits conventionnels à relais

Un PLC comporte, dans tous les cas de figure, un module CPU et un certain nombre de modules numériques d'entrées et de sorties. Le nombre de modules d'entrée et de sortie dépend de la complexité du processus à automatiser.

L'un des avantages majeurs d'un PLC est que les extensions et les modifications d'un processus sont très faciles à réaliser. De ce fait, cela fait des années déjà que l'industrie met les PLC à contribution pour l'automatisation de processus.

Ces derniers temps, le PLC poursuit son offensive en direction des applications domestiques. Nous sommes en effet nombreux, dans nos chaumières, à vouloir voir s'automatiser un certain nombre de processus. Arroser le gazon, monter et descendre les volets roulants, gérer des systèmes d'alarme et nombre d'autres processus sont quelques-unes des applications possibles d'un PLC, une tâche qu'il est parfaitement en mesure de remplir, à lui tout seul. Procéder, à posteriori, à des extensions ou à des modifications est extrêmement simple.

La **figure 1** donne un exemple d'un circuit de



commande de moteur réalisé en technologie classique à base de boutons-poussoirs et de relais et la version correspondante à base de PLC. Si l'on veut modifier le fonctionnement de cette « électro-technique » il faut changer le matériel de notre circuit à relais. Dans le cas du PLC il suffit de modifier le programme.

Le but de ce projet que nous avons baptisé DCI-PLC est de réaliser, de façon relativement simple et à moindres coûts, à l'aide d'un rien de matériel, d'un câble série et d'un programme tournant sur PC, un PLC, sans qu'il ne soit cependant nécessaire de construire un vrai PLC. La programmation est extrêmement intuitive et d'un confort d'utilisation remarquable.

Le concept

DCI-PLC est, en fait, un logiciel qui se substitue au module CPU d'un PLC, programme au coeur duquel nous faisons nos projets et nos adaptations.

Il est possible, par le biais d'un câble sériel et d'un rien de matériel, de vérifier l'état de 32 entrées et de piloter 32 sorties. Nous disposons en outre de 32 temporisateurs, de 32 compteurs et de 32 indicateurs (*flag*).

Le programme tourne sous le système d'exploitation Windows '95/98. Si le programme tourne bien sous Windows NT, il est impossible d'utiliser le matériel pour la simple et bonne raison que NT ne permet pas un accès direct au matériel.

Il vous faudra au minimum un Pentium 100. Après installation, le programme occupe, exemples compris, de l'ordre de 3 Moctets sur le disque dur.

Le matériel de ce projet se résume en fait à une électronique chargée de convertir l'information présente sur le port sériel du PC vers un certain nombre d'entrées et de sorties. L'utilisateur devra développer lui-même l'interface d'entrée et de sortie. Cette électronique pourra être reliée à la platine d'interface de DCI-PLC par le biais d'un morceau de câble en nappe. Il nous est en effet impossible de développer une interface universelle qui puisse répondre aux besoins très divers de l'ensemble des utilisateurs potentiels de ce montage. Nous pensons que la majo-

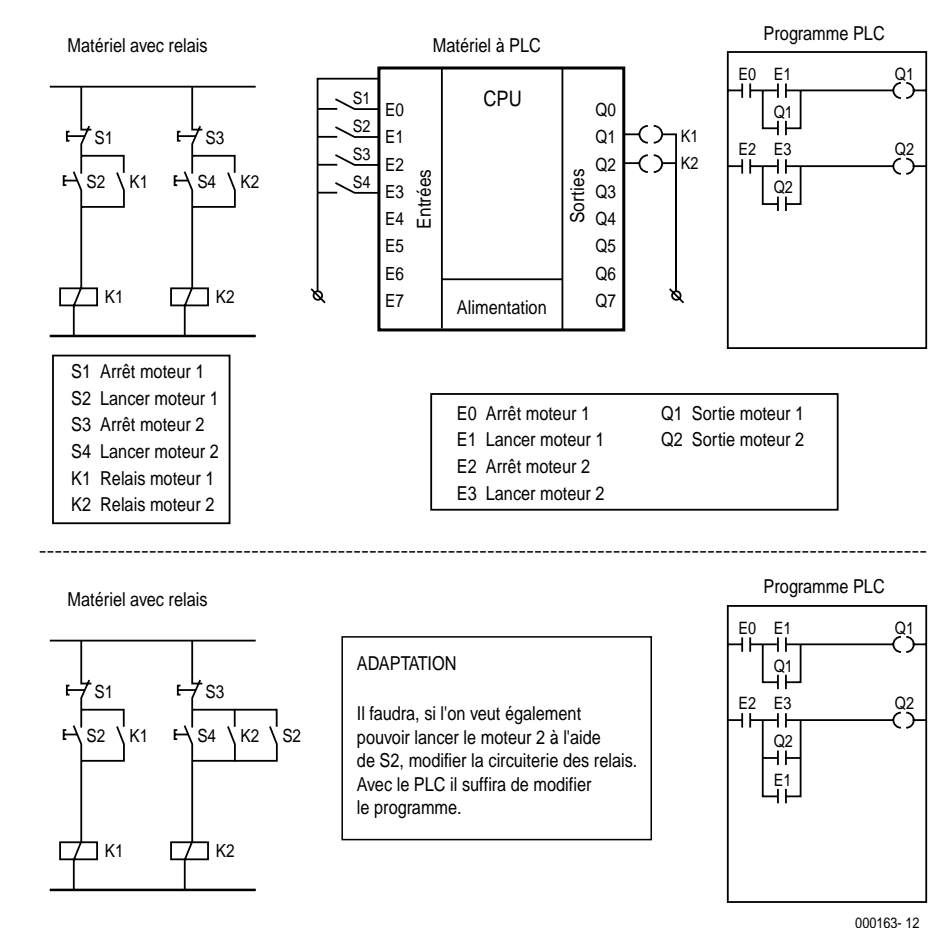


Figure 1. Exemple de montage permettant de démarrer et d'arrêter 2 moteurs réalisé, en version électronique à base de relais et en version reposant sur un PLC.

rité des lecteurs d'Elektor est en mesure de concevoir l'interface requise par une application spécifique. Signalons, pour vous rassurer, que nous proposerons, en fin d'article, quelques exemples d'interfaces de ce genre.

Le matériel

Un examen du schéma du matériel représenté en **figure 2** nous apprend que les seuls composants utilisés en fait sont des registres à décalage des types CD4094 et CD4021.

Le registre à décalage 4094 est une électronique constituée de 8 bascules bistables (*flipflop*) montées en série.

À chaque signal d'horloge le niveau logique (« 0 » ou « 1 ») présent sur l'entrée de données est décalé d'une position de sorte que nous disposons, après 8 signaux d'horloge et d'une impulsion d'échantillonnage (*stroke*), d'un signal de sortie à

8 bits. Dans le présent montage nous avons pris 4 de ces registres à décalage, IC5 à IC8, en cascade, de sorte que nous disposons de 32 sorties.

Le registre à décalage 4021 présente l'avantage, par rapport au 4094, de pouvoir également travailler dans « l'autre sens ». Il permet partant de lire les niveaux présents sur les 8 entrées. Les niveaux de sortie des 8 bascules bistables internes apparaissent, l'un à la suite de l'autre, sur la sortie sérielle au rythme des impulsions appliquées sur l'entrée d'horloge du circuit intégré.

Dans la situation de départ, l'état du bit 7 se trouve déjà sur la sortie Q7. Chaque impulsion d'horloge aura pour effet de décaler les données d'une position. Par l'utilisation d'un quarteron de registres à décalage, IC1 à IC4, nous sommes en présence d'une interface à 32 entrées.

C'est à dessein que nous avons opté pour le port sériel comme liaison entre le matériel et le PC; cette approche présente en effet au minimum 2 avantages intéressants :

- Le port sériel est moins fragile (protection contre les courts-circuits).

Nous avons, dans le cours « L'élec-

tronique sur PC » proposé en début d'année dans Elektor, porté une attention soutenue au port sériel. Ceux qui aimeraient de plus amples informations sur le fonctionnement



Figure 2. L'électronique se résume en fait à un certain nombre de registres à décalage des types 4021 et 4094.

des registres à décalage utilisés ici ainsi que sur les ports sériels pourront consulter un ouvrage de référence écrit par B. Kainka et intitulé « Je programme les interfaces de mon

PC sous Windows » (Publitronic).
On trouve, sur le circuit imprimé, outre la totalité des registres à décalage, également un régulateur de tension chargé de fournir le 5 V. La

plage de la tension d'entrée va de 10 à 20 V. Nous découvrons de plus 32 LED, D5 à D36, dotées de leurs résistances-talon; ces LED visualisent le niveau présent sur chacune des sorties. Il reste à mentionner que toutes les

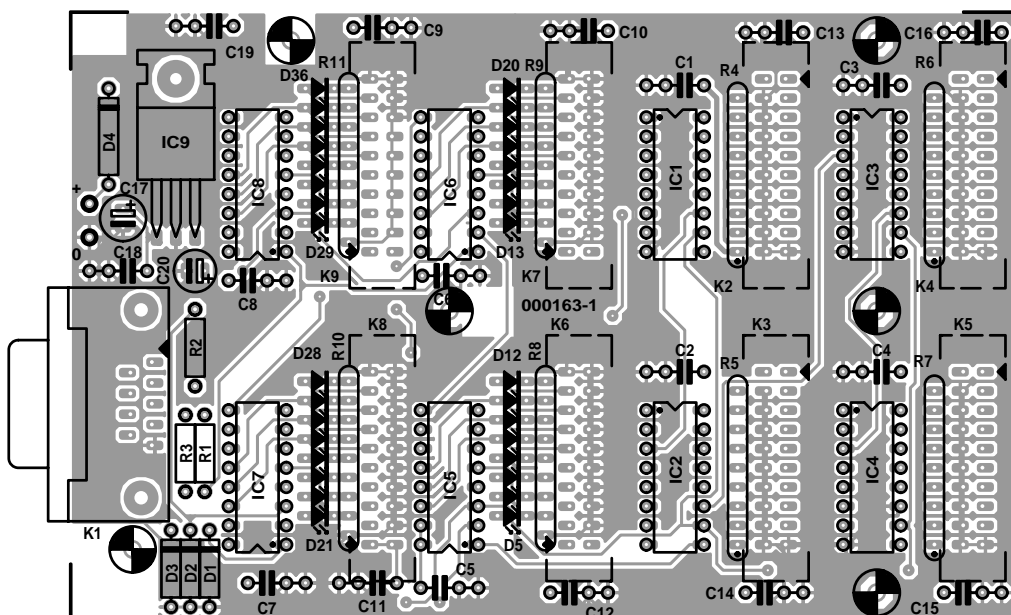
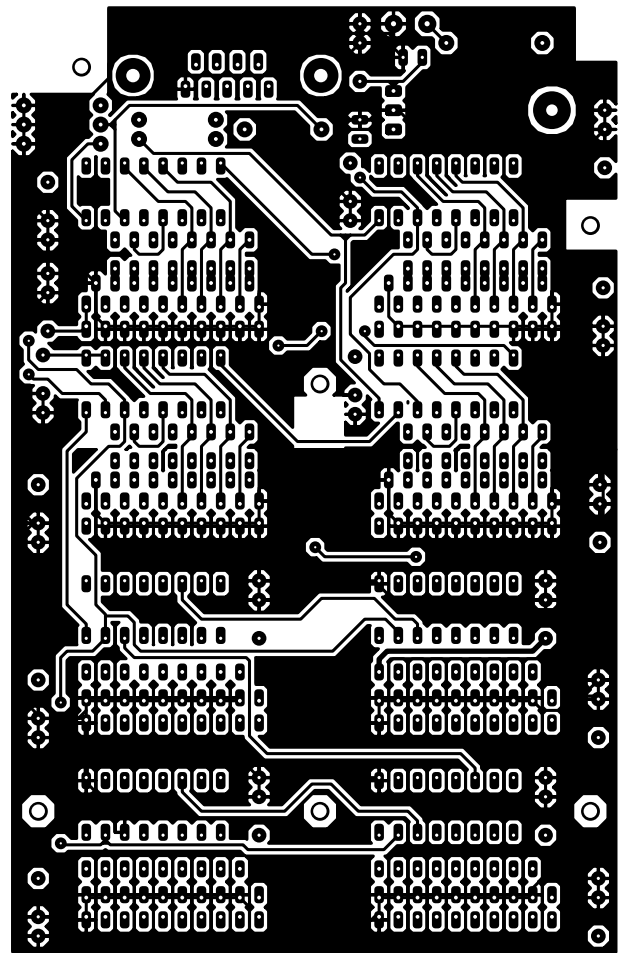
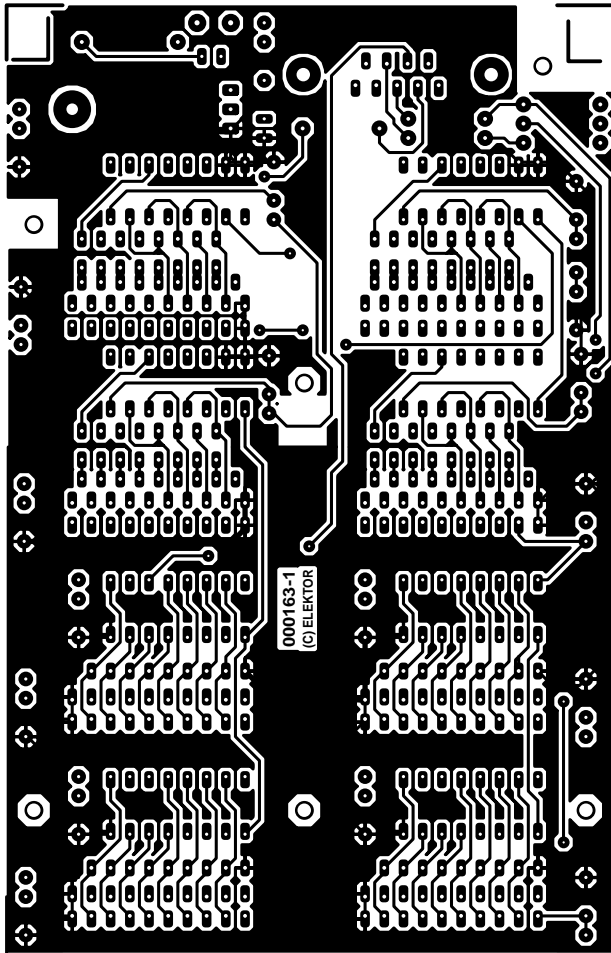


Figure 3. Dessin des pistes et sérigraphie de la platine double face à trous métallisés dessinée pour DCI-PLC.

Liste des composants

Résistances :

R1 à R3 = 10 k Ω

R4 à R7 = réseau de 8 résistances de 10 k Ω

R8 à R11 réseau de 8 résistances de 1 k Ω

Condensateurs :

C1 à C16, C18, C19 = 100 nF

C17 = 100 μ F/25 V radial

C20 = 10 μ F/25 V radial

Semi-conducteurs :

D1 à D3 = diode zener 4V7/400 mW

D4 = 1N4001

D5 à D36 = LED rectangulaire à haut rendement rouge

IC1 à IC4 = 4021

IC5 à IC8 = 74HCT4094

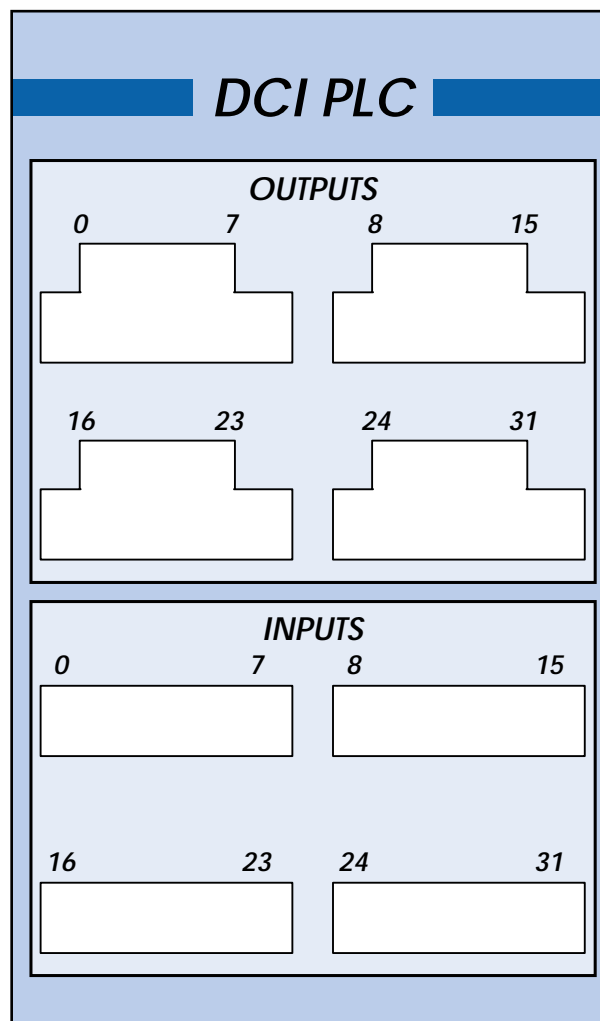
IC9 = 7805

Divers :

K1 = embase sub-D à 9 contacts encartable femelle en équerre

K2 à K9 = embase HE-1- mâle à 2 rangées de 10 contacts

Boîtier : 160x95x45 mm Teko par exemple (Conrad RFA 526177)



000163 - F

32 entrées de IC1 à IC4 sont dotées d'une résistance de forçage au niveau haut (*pull-up*) de manière à ce qu'une entrée non utilisée présente un niveau logique haut.

La **figure 3** propose le dessin des pistes et la sérigraphie de l'implantation des composants du circuit imprimé conçu à l'intention de ce projet. Il s'agit d'un double face à trous métallisés, ceci en vue d'éviter d'avoir à implanter un trop grand nombre de ponts de câblage. Avec cette platine, la réalisation n'a vraiment rien de sorcier. Il n'est pas nécessaire, en raison de la faible consommation de courant des circuits intégrés, de doter le 7805 d'un radiateur.

Nous avons opté, en ce qui concerne les LED, pour des LED rectangulaires ce qui permet de créer des groupes de 8 LED compacts, les LED étant alors disposées exactement en regard de chacun des contacts de l'embase concernée.

Les embases destinées à permettre l'établissement de contacts avec l'extérieur sont de simples morceaux de barrette autosécable à

2 rangées de 10 contacts voire des embases HE-10 disposant du même nombre de contacts; cette approche permet l'utilisation d'un morceau de câble en nappe doté d'un connecteur serti. On trouve sur chacune des embases, 4 contacts additionnels, 2 pour le +5 V et 2 pour la masse, sachant qu'en face de chaque contact relié à une ligne de signal on trouve un contact de masse (cf. schéma). Il faudra bien se rappeler que les embases sont à monter côté « pistes » de la platine. Ce n'est qu'à cette condition que la numérotation des entrées et des sorties correspondra à la sérigraphie de la face avant représentée en **figure 4**.

On pourra, si l'on veut réaliser un montage à l'aspect irréprochable, monter la platine dans un petit boîtier que l'on dotera d'une face avant telle que celle que comporte notre prototype de la figure 4.

Utiliser le logiciel

Le concept du programme DCI-PLC est tel qu'il suffit de placer des blocs pour créer un programme pour le PLC. La taille du diagramme en échelle ainsi réalisé ne doit pas dépasser une longueur de 99 lignes au maximum. Un diagramme en échelle présente de nombreuses similitudes avec un schéma à relais et constitue une technique très souvent utilisée pour écrire et rendre un programme sous forme graphique. Il ne jamais oublier, en présence d'un diagramme en échelle, que les symboles que comporte un tel synoptique représentent des instructions et non pas des contacts physiques. Lors de l'exécution des instructions du programme il est tenu compte des états des entrées. En fonction des niveaux qui y sont relevés, une sortie est passée au niveau haut ou au niveau bas.

Le set d'instructions

Le set d'instructions de DCI-PLC comporte les modules suivants (cf. figure 5) :

1. Add an AND function

Cette instruction vérifie la présence de tension et peut concerner tout autant une entrée qu'une sortie, un indicateur, un temporisateur (*timer*) ou un compteur. L'état de cette instruction est « VRAI » en cas de présence de tension (au cas où l'objet concerné par cette instruction est une entrée ou une sortie).

2. Add a NAND function

Cette instruction vérifie l'absence de tension et peut, cette fois, concerner une entrée, une sortie, un indicateur, un temporisateur ou un compteur. L'état de cette instruction est « VRAI » en l'absence de tension (si tant est que cette instruction concerne une entrée ou une sortie).

3. Add a Positive front detection

(Détection de flanc montant (positif)). L'état de cette instruction passe à « VRAI » en cas de détection d'un flanc montant. Cet état n'est valide que pendant un cycle de programme. La dite instruction ne peut être utilisée qu'avec un indicateur.

4. Add a Negative front detection

(Détection de flanc descendant (négatif)). L'état de cette instruction passe à « VRAI » en cas de détection d'un flanc descendant. Cet état n'est valide que pendant la durée d'un cycle de programme. Cette instruction ne peut être utilisée qu'avec un indicateur.

5. Add an Output

Ce symbole représente une sortie interne ou externe et peut avoir comme objet un indicateur ou une sortie. Cette sortie passera au niveau haut lorsque le test logique de l'ensemble de la ligne est « VRAI ».

6. Add a NOT Output

Ce symbole est celui d'une sortie interne ou externe inversée et peut concerner un indicateur ou une sortie. Cette sortie sera mise au niveau haut lorsque le test logique de l'ensemble de la ligne est « FAUX ».

7. Add a SET Output

Positionner (*set*) une sortie interne ou externe. Ce symbole pourra avoir comme objet un indicateur ou une sortie. Cette sortie passera au niveau haut lorsque le test logique

de l'ensemble de la ligne est « VRAI ». Même si le résultat du test logique de la totalité de la ligne devient ensuite « FAUX », la dite sortie restera au niveau haut. Seule une instruction de RESET sortie pourra faire repasser la sortie au niveau bas.

8. Add a RESET Output

Réinitialisation (*reset*) d'une sortie interne ou externe. Ce symbole pourra concerner un indicateur ou une sortie. Cette sortie passera au niveau bas lorsque le test logique de l'ensemble de la ligne est « VRAI ». Même si le résultat du test logique de la totalité de la ligne devient ensuite « FAUX », la dite sortie restera au niveau bas. Seule une instruction de SET sortie pourra faire repasser la sortie au niveau haut.

9. Add a Timer Function

Temporisateur (*timer*) est une instruction qui reste haute ou basse pendant une durée prédéterminée (une alternance de durées au niveau haut ou bas sont également possibles). Cette instruction devra impérativement être placée dans la dernière colonne d'une ligne.

Le temporisateur démarre lorsque le test logique de la totalité de la ligne est « VRAI » et qu'elle reste dans cet état pendant la totalité de la durée définie par le temporisateur.

Dès lors que le test logique de l'ensemble de la ligne devient « FAUX » on aura réinitialisation (Reset) du temporisateur. La valeur t1 est la durée exprimée en secondes pendant laquelle le temporisateur se trouve au niveau bas, t2 étant la durée pendant laquelle il se trouve au niveau haut. Les valeurs que peuvent prendre t1 et t2 se situent entre 1 et 9999. Lors de l'attribution d'un

temporisateur t1 ou t2 doit se voir donner une valeur sous peine de voir apparaître un message d'erreur. En cas d'attribution d'une valeur et à t1 et à t2 on aura à disposition un *pinker* (une sorte de fonction de clignotant). On pourra, si l'on veut paramétrer des durées très longues, combiner un temporisateur et un compteur.

10. Add a Counter function

L'instruction compteur fournit un niveau haut au bout d'un certain nombre d'impulsions. Le comptage démarre lorsque le test logique de la totalité de la ligne est « VRAI » et qu'il le reste. Lorsque le test logique de l'ensemble de la ligne devient « FAUX » on aura réinitialisation du compteur. Le compteur peut prendre toute valeur comprise entre 1 et 9999. Le compteur dispose de 2 entrées, l'une pour compter (UP), l'autre pour décompter (DOWN). On pourra attribuer à ces entrées un indicateur, une entrée, un temporisateur, une sortie voire un autre compteur. Il faut impérativement attribuer l'une des 2 entrées. Ce n'est que lorsque le compteur est égal à la valeur prédéterminée qu'il passera au niveau haut !

L'instruction de compteur doit toujours être placée dans la dernière colonne.

11. Add an OR function

Début ou fin d'une instruction OU (OR). Cette instruction ne peut être placée que dans les colonnes 1 à 8; elle doit en outre avoir un début et une fin. On ne peut utiliser qu'une instruction OU par ligne et la profondeur maximale de la fonction OU est de 7 lignes. Dans le sous-répertoire */examples* de la disquette on trouvera 2 fichiers (*or.plc* et *bador.plc*) qui illustrent ce qui est permis et ce qui ne l'est pas dans le cas d'une fonction OU.

12. Add a wire

Instruction d'adjonction de ligne. Cette instruction remplace une ligne de signal du schéma. Cette instruction transmet toujours le niveau du bloc situé en amont.

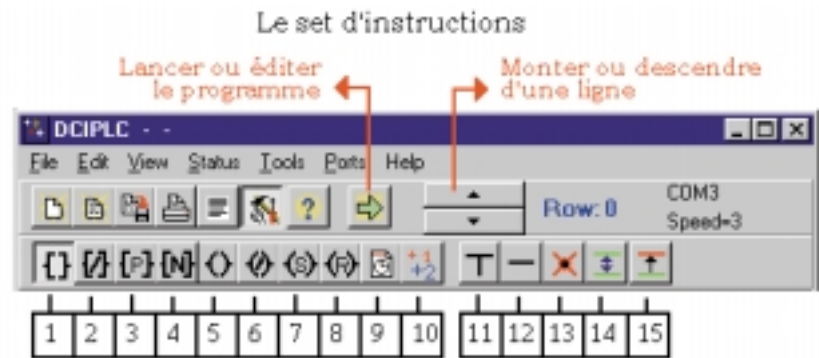


Figure 5. Les barres de tâches du programme DCI-PLC. La numérotation des boutons réfère aux explications données dans le texte au sujet de ces boutons.

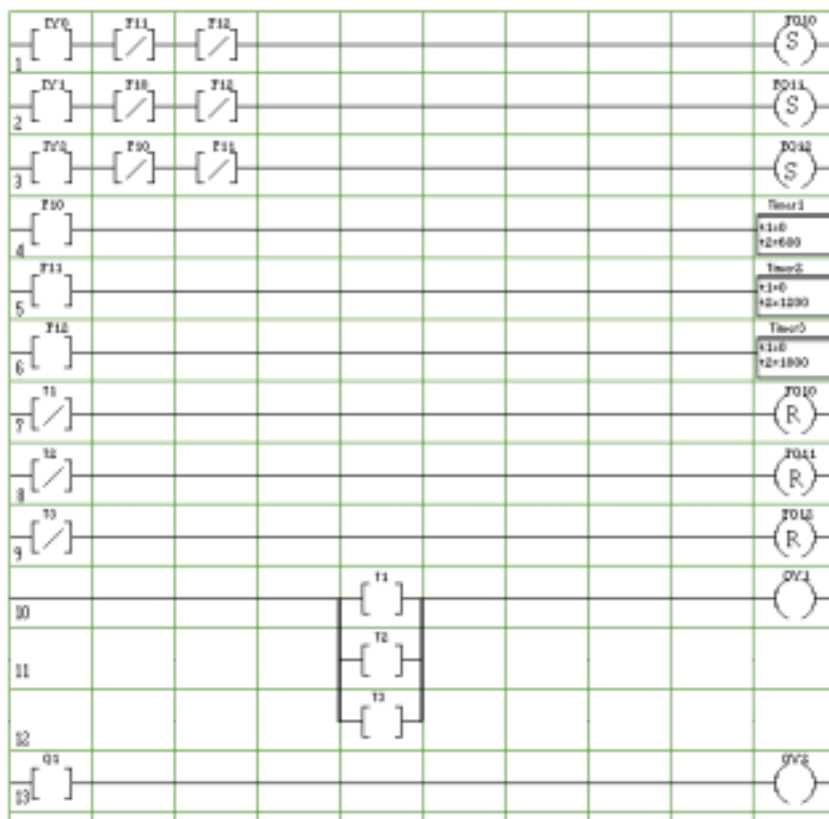


Figure 6. Structure du programme d'arrosage.

Nous disposons, pour l'écriture d'un programme, des outils suivants :

13. Delete a function

Supprimer une instruction.

14. Insert a row

Intcaler une ligne (en horizontal).

15. Delete a row

Supprimer une ligne.

Remarque : un indicateur (que l'on connaît

également sous la dénomination de marqueur) est une sorte de sortie interne dont on se sert pour le stockage de résultats intermédiaires. Un indicateur peut être, en tant que sortie, positionné (set) ou réinitialisé (reset) et constitue ainsi en fait une sortie invisible. L'écriture d'un programme

Il est bon, lorsque l'on envisage de développer un programme, de travailler de la gauche vers la droite et de terminer une ligne avant de passer à la suivante. Cette dernière condition est impérative sachant que le programme procède à un test d'absence de ligne vide.

Il est bon de prendre la bonne habitude de ne toujours utiliser, au cours d'un programme PLC donné, qu'une seule sortie associée à une attribution donnée.

Tout PLC travaille de la manière suivante :

1. Lors d'un redémarrage (PLC mis en mode « run ») toutes les sorties sont mises hors-tension.
2. On a prise en compte des états de toutes les entrées.
3. Le programme utilisateur exécute les instructions l'une après l'autre en utilisant les états de signal pris en compte lors de l'étape 2. Si, au cours de l'exécution du programme un signal d'entrée change d'état, il n'est pas tenu compte de ce changement pendant le cycle qui se déroule à cet instant.

Au contraire, il est bien tenu compte, lors de l'exécution du programme, des états des temporisateurs, compteurs et indicateurs.

4. Après exécution du programme utilisateur les résultats sont transmis aux sorties.
5. On a reprise cyclique des étapes 2, 3 et 4.

Si l'on utilise 2 fois la même sortie au cours d'un programme, cette sortie prendra l'état de la dernière ligne où elle est mentionnée !

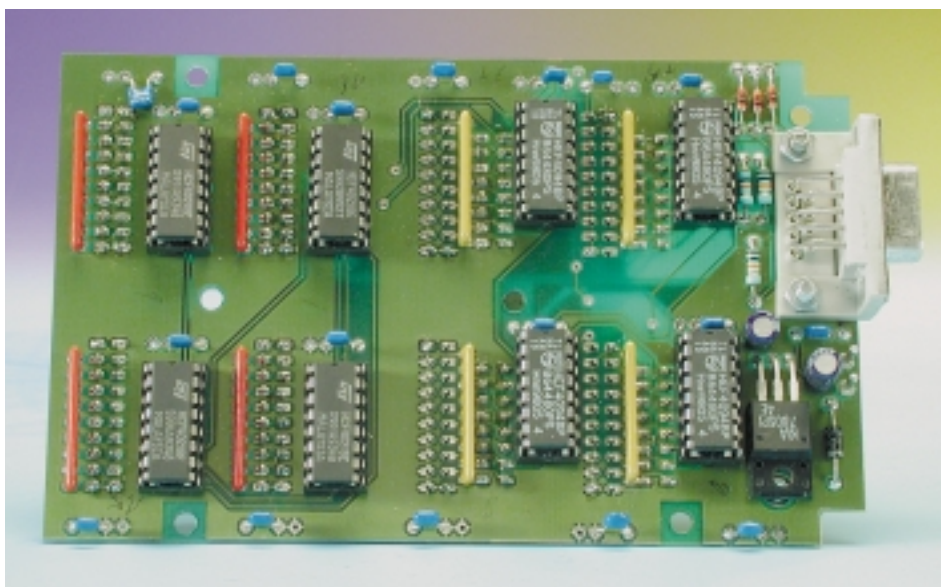
Le programme DCI-PLC exécute un programme entre 20 et 100 fois par seconde. Ce nombre dépend bien entendu de la vitesse du PC utilisé et de la longueur du programme.

Exemple

Nous allons, dans l'exemple qui suit, imaginer une installation d'arrosage pour le jardin.

Nous aimerions disposer de 2 points d'arrosage. Nous voulons pouvoir choisir, en fonction de l'aridité du sol, entre 3 possibilités : une durée d'arrosage brève, un arrosage long et une durée très longue.

Il nous faut les modules suivants :



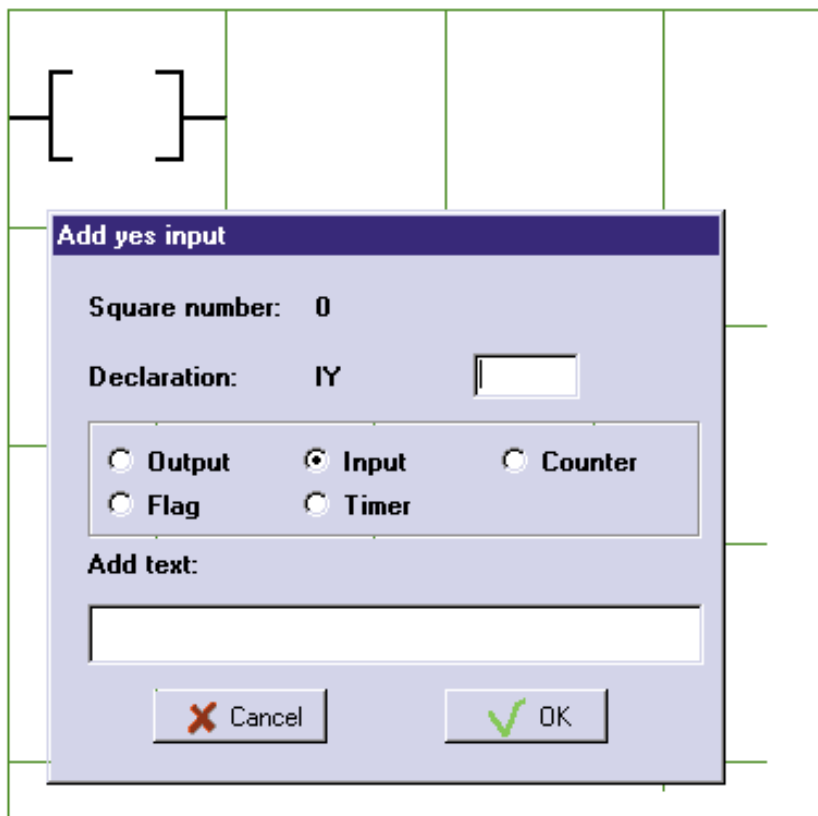


Figure 7. On a, lors du placement d'une instruction, ouverture d'une fenêtre de dialogue servant à l'attribution, à la saisie d'un commentaire éventuel, etc.

2 vannes d'arrosage :

- QY1: Output Yes nr. 1
- QY2: Output Yes nr. 2

3 boutons-poussoirs pour le choix de la durée :

- IY0: Input Yes nr. 0, pour un arrosage de 10 mn.
- IY1: Input Yes nr. 1, pour un arrosage de 20 mn.
- IY2: Input Yes nr. 2, pour un arrosage de 30 mn.

La saisie du programme se fait de la façon suivante :

Basculer, dans la barre de tâches du programme DCI-PLC le bouton « Add an AND function » (numéro 1 de la figure 5) et cliquer sur la case 0 de la ligne 1.

On retrouve alors dans la case l'instruction choisie et on voit apparaître une fenêtre de dialogue qui permet d'attribuer l'entrée et d'ajouter du texte. Choisir alors l'option **Input** et entrer un « 0 » comme attribution.

Ce faisant cette instruction se voit attribuer l'entrée 0 du PLC. Il est possible, le cas échéant, d'entrer du texte que l'on pourra, ultérieurement, consulter par un clic souris

droite sur le champ en question.

Un clic sur **OK** termine l'opération d'attribution de l'entrée 0. Ce résultat est visualisé par l'apparition de IY0 dans le haut du champ.

Mettez ensuite, dans les 2 cases horizontales qui suivent, une instruction « Add a NAND function » (2)

et attribuez-les à F11 et F12.

F11 et F12 sont des indicateurs qui seront positionnés et remis à zéro au cours de l'exécution du programme. Ils ont été ajoutés pour éviter que l'on puisse opter, après action sur l'un des boutons-poussoirs, pour une durée différente.

Choisissez ensuite l'instruction « Add a wire » (12) et cliquez une fois dans chacune des cases 3 à 8. Ceci place les segments de lignes de connexion.

Choisir l'instruction « Add a SET Output » (7) et cliquer dans la case 9. On place ainsi la sortie; on voit alors apparaître une fenêtre de dialogue en vue de l'attribution d'une sortie. Choisir **Flag** et entrer un 10 dans ce champ ce qui se traduit par l'apparition d'un FQ10. On pourra le cas échéant ajouter du texte.

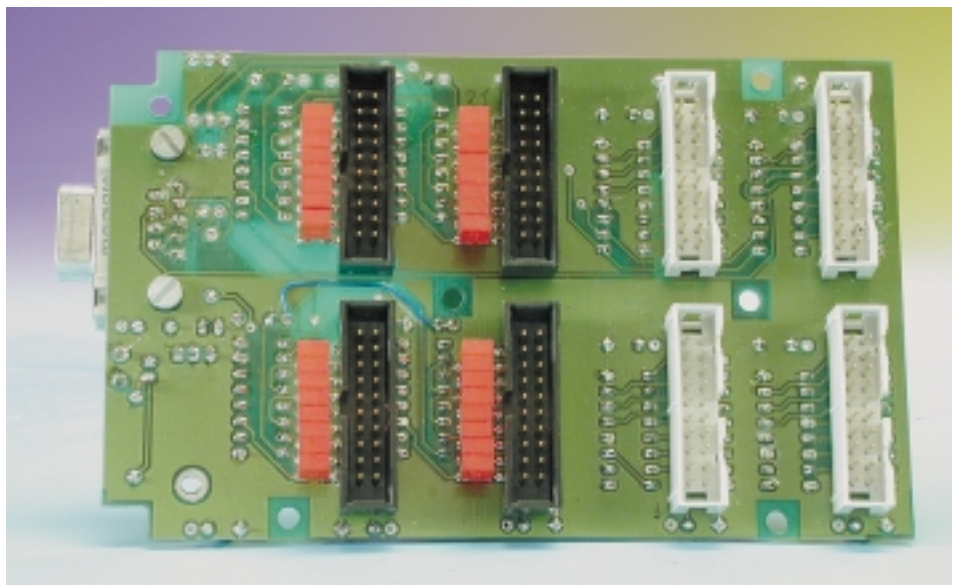
Et, comme par enchantement, la première ligne est visible. Saisissez, en utilisant la même technique, le reste des lignes selon l'exemple de la figure 6.

Il reste, une fois cette saisie terminée, à sauvegarder le programme avant de le soumettre au premier test.

On pourra utiliser, si l'on veut tester un programme ou si l'on ne dispose pas du matériel adéquat, le mode de simulation.

Il suffit, pour cela, de cliquer sur l'option **Simulation mode** du menu **Status**. On voit alors apparaître une fenêtre dans laquelle on peut paramétrer les niveaux des 32 entrées et par le biais de laquelle on peut vérifier les états des sorties. Faites passer un court instant l'entrée 1 au niveau haut puis au niveau bas. Ce changement d'état démarre le temporisateur 2 et les sorties 1 et 2 restent au niveau haut pendant 20 minutes.

Dans le cadre du programme on a visualisation de l'état des entrées et des sorties ainsi qu'un affichage de la valeur instantanée des



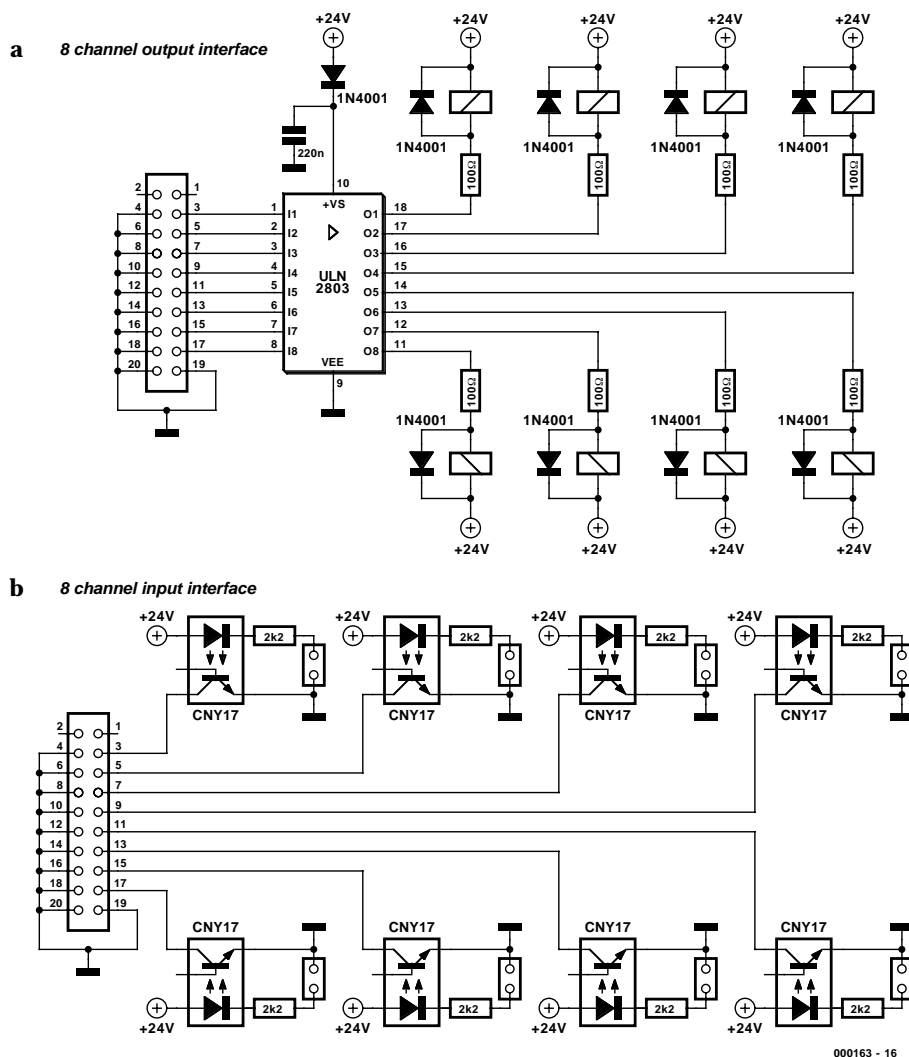


Figure 8. 2 exemples d'interfaces réalisables. La figure a est le schéma de 8 étages de sortie à relais, la figure b propose 8 entrées à opto-coupleur.

temporisateurs.

Une fois l'arrosage démarré, la mise au niveau haut de l'une des entrées n'a plus d'effet. Cela est dû au verrouillage placé dans les lignes 1, 2 et 3.

On pourra, si l'électronique est connectée au PC, procéder au paramétrage des ports par le biais du menu « Ports ».

Cette option offre le choix entre les ports COM1, COM2, COM3 et COM4 et permet de paramétrer la vitesse. Il est judicieux d'opter, tout au début, pour la vitesse la plus lente et de vérifier ensuite, en mode d'exécution « Run mode », que les entrées réagissent correctement et que la commande des sorties se fait comme il faut. Cliquer sur **Run mode** du menu **Status** ou sur le bouton doté d'une flèche verte sur la barre de tâches.

Il est possible, à tout instant, de revenir au mode d'édition par un clic sur la fonction « Edit mode » du menu Status ou sur le bouton

doté d'un rond rouge. Cette action a pour conséquence de remettre à zéro la totalité des sorties du matériel.

Quelques conseils et astuces pour une exécution optimale du programme en mode d'exécution (**Run mode**) :

- Veillez à limiter au strict indispensable le nombre de programmes actifs.
- Désactivez la fonction d'écran de veille (*screen protection*).
- Ne démarrez pas de nouveau programme.
- Ne placez pas de disquette ou de CD-ROM dans le PC.

Dans ces conditions, Windows peut réserver un maximum de temps pour le programme DCI-PLC, ce qui se ressent au niveau des performances. Si l'on place un CD-ROM dans le lec-

teur, le programme DCI-PLC cessera de réagir pendant quelques secondes. Cela est dû au fait que Windows donne la priorité au lecteur de CD-ROM. Pendant cette interruption les temporisateurs cessent d'être réactualisés et les entrées ne sont plus suivies. Si vous suivez les conseils donnés plus haut, le programme contrôlera chaque entrée au minimum 10 fois par seconde et la dérive maximale d'un temporisateur sera de 2 s par jour (24 h).

Sur un ordinateur à Pentium 400, le programme d'arrosage atteint une vitesse de 90 cycles par seconde.

La disquette du programme (EPS000163-11 que l'on pourra également télécharger du site Elektor (adresse : www.elektor.presse.fr) comporte un certain nombre d'exemples additionnels qui vous permettront de vous faire la main.

Interfaçage

Les lecteurs d'Elektor pourront, pour le couplage de toutes sortes d'appareils tels que relais et autres dispositifs de signalisation, puiser dans le stock très riche des montages publiés au cours des ans dans ce magazine. Permettez-nous cependant de vous proposer quelques exemples simples. La figure 8a propose une interface de sortie à 8 canaux qui se résume à un circuit intégré tampon associé à 8 relais. Ce montage permet d'alimenter 8 appareils ou montages (il est même possible, par un choix de relais adapté, de piloter des appareils alimentés par la tension du secteur, mais attention à réaliser un montage répondant aux critères de sécurité).

La figure 8b propose une interface d'entrée à 8 canaux. Il s'agit en l'occurrence de 8 opto-coupleurs dotés d'une résistance de limitation de courant. En cas d'interconnexion des 2 contacts on verra apparaître un niveau haut sur l'entrée PLC correspondante.

(000163)

L'auteur a créé un site dédié au DCI-PLC sis à l'adresse :

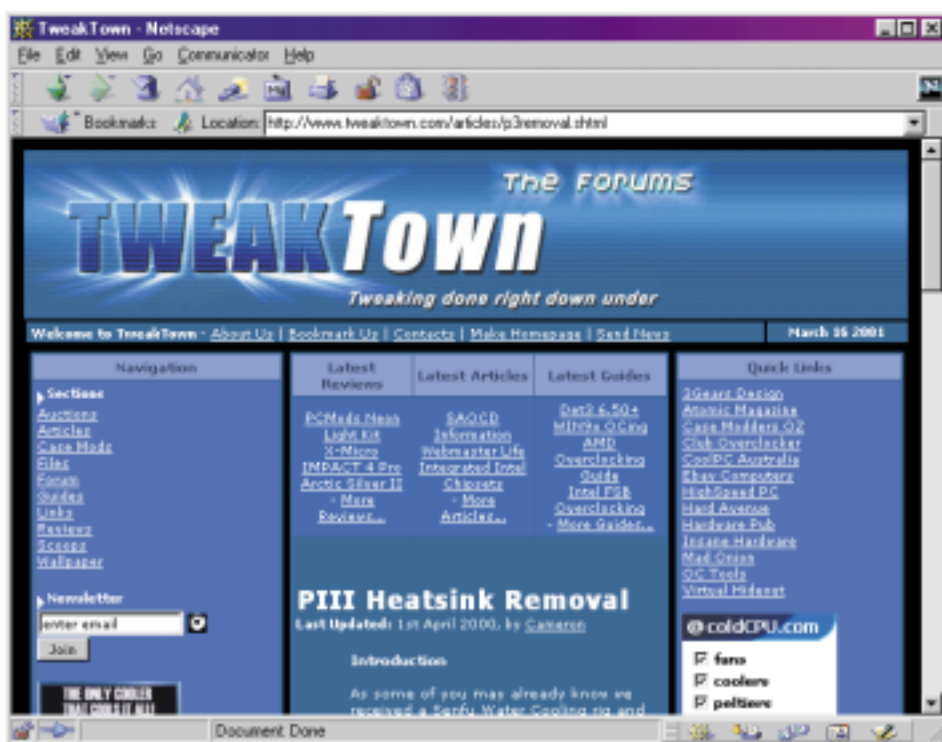
<http://home.planetinternet.be/~dc11cd/>

Surcadencement de CPU

Plus de vitesse gratuitement

Harry Baggen

Avec des vitesses d'horloge de 500 MHz et plus, les unités centrales (CPU) modernes semblent, à première vue, disposer d'une puissance de traitement suffisante pour les applications les plus diverses, mais pour nombre d'utilisateurs de PC cela ne va jamais assez vite.



Quelques manipulations simples permettent de faire travailler certains types de processeurs à une fréquence d'horloge plus élevée sans que cela ne coûte pas un centime (euro-cent très bientôt) de plus.

Le surcadencement est devenu de nos jours une sorte de sport où l'on essaie de faire tourner un processeur spécifié pour une fréquence d'horloge donnée, à une fréquence d'horloge plus élevée. Dans bien des cas les choses se passent fort bien si l'on ajuste la tension de service du noyau (*core*) et que l'on

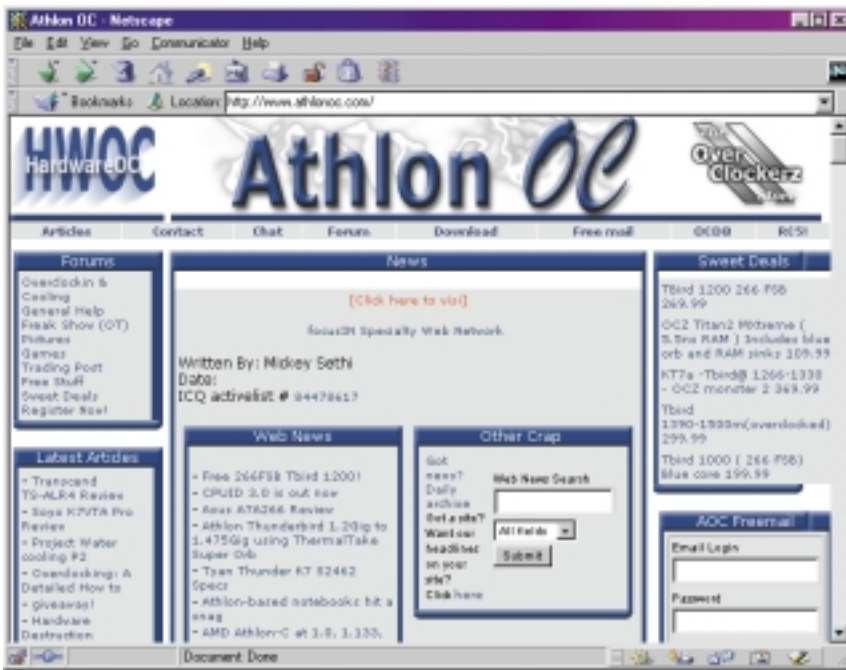
veille à un refroidissement additionnel. La plupart des processeurs sont spécifiés avec une marge telle par leur fabricant qu'il reste bien souvent de quoi jouer vers le haut (10% au minimum en moyenne).

Il va sans dire que les fabricants de CPU n'apprécient pas tellement ce genre de faits d'armes et protègent leurs processeurs par différentes techniques en vue de contrer les tentatives des « vandales du surcaden-

cement ». Les CPU d'Intel sont relativement bien protégées à ce point de vue, certains types de processeurs de chez AMD semblent heureusement plus facilement « surcadencables ». Les processeurs des types Athlon et Duron les plus récents prévus pour un support de type A en particulier semblent faciles à surcadencer. Leur boîtier en céramique comporte en effet un certain nombre de ponts de câblage servant à leur paramétrage. Partant, il suffira, si l'on veut surcadencer son processeur, de couper certains ponts de câblage voir en rétablir d'autres (à l'aide d'un crayon à mine graphite bien taillé) pour paramétrer d'autres facteurs de multiplication ou définir une autre tension de noyau.

Il se veut en outre qu'il semblerait que les CPU les plus récentes de l'écurie AMD soient de véritables pur-sang qu'il est relativement facile de faire travailler à 100 voire 200 MHz au-dessus de leur fréquence nominale.

Les fabricants de cartes-mères n'ont pas hésité à prendre ce train en marche et proposent souvent sur leurs produits les plus récents, au niveau du BIOS, divers paramètres fort intéressants. Il est devenu ainsi possible de jouer sur des facteurs aussi divers que la tension de noyau, la fréquence de bus (FSB = *FrontSide Bus*) et/ou le facteur de multiplication sans même



avoir à ouvrir le boîtier de l'ordinateur. Les générations les plus récentes de cartes-mères dotées des chipsets KT133 ou KT133A de VIA en particulier disposent de telles possibilités de paramétrage au niveau du BIOS facilitant très sensiblement le surcadencement.

Il existe, sur Internet, un nombre de plus en plus important de sites dont le seul sujet est le surcadencement. Le site **Athlon OC** [1] propose une série d'articles intéressants ayant trait au surcadencement et au refroidissement des CPU des types Athlon et Duron. Il aborde également d'autres sujets tels que le refroidissement par eau et les modifications à apporter aux cartes-mères (en vue de rehausser la tension de noyau). Ce site dispose en outre d'un chat, d'un forum et d'une partie de téléchargement (*download*).

Le sujet d'**Overclockers.com** [2] est exactement le même. On y retrouve plus de 700 sujets concernant le surcadencement, les accessoires, les tests, etc. Les intérêts de ce site sont plus généraux que l'approche de Athlon OC, ce qui explique que l'on y trouve également des articles concernant le surcadencement des cartes graphiques.

Tweaktown [3] s'intéresse aux possibilités les plus diverses d'optimisation voire de « turbo-compresser » un système micro-informatique. Les tests de cartes-mères, de cartes gra-

phiques, les pilotes les plus récents sans oublier toutes sortes d'articles « tweak » constituent une tentation quasi-irrésistible pour l'utilisateur le plus prudent de mettre lui aussi la « main à la pâte ».

Overclocked Inside [4] est site de surcadencement allemand proposant énormément d'informations pratiques. L'une de ses spécificités est de proposer une visualisation des ponts de câblage requis par un Athlon ou un Duron pour l'obtention d'une tension de noyau et une fréquence donnée. Autre aspect intéressant, le test d'une multitude de ventilateurs dont on peut aussi entre le bruit de fonctionnement.

Des radiateurs bien dimensionnés refroidis par un gros ventilateur sont indispensables lorsque l'on veut s'aventurer dans le monde du surcadencement. Les Athlon et Duron sont de notoriété publique de gros consommateurs de courant, avalant les ampères comme de la petite bière et requérant partant un refroidissement bien pensé. Si l'on envisage un surcadencement les choses ne font que s'aggraver. Si on n'y prend garde, la puce de silicium meurt très vite, pour ne pas dire quasi-instantanément, d'une fièvre brutale.

Il existe des sites spécialisés à 100% dans les radiateurs, les ventilateurs et les pâtes thermoconductrices. **The Heatsink Guide** [5] est l'un de ces

sites. Nous y trouvons des informations sur le refroidissement non seulement des CPU mais également des cartes graphiques, des disques durs voire de l'ordinateur lui-même.

2CoolTek [6] est, à proprement parler, une société de vente de radiateurs et de ventilateurs, ce qui n'empêche pas que ce site propose une comparaison de toutes sortes de radiateurs, offrant un tableau récapitulatif des températures mesurées sur les radiateurs testés.

Aimeriez-vous vous laisser tenter ? Ce ne sont pas les coûts impliqués qui devraient vous effrayer. Un Duron ne coûte actuellement plus que quelques centaines de francs et vous permettra d'expérimenter à loisir. Il va sans dire que la conduction sine qua non est que votre carte-mère soit prévue pour un Athlon ou un Duron (socket A).

Mentionnons, en guise de conclusion un certain nombre de FAQ (*Frequently Asked Questions*) concernant le surcadencement et que l'on peut trouver sur le Net. Le lecteur intéressé pourra y trouver des informations précieuses sur les expériences que d'autres amateurs ont faites quant au surcadencement. En repère [7] nous vous proposons 5 listes de FAQ intéressantes.

(015053)

Adresses Internet

- [1] Athlon OC:
www.athlonoc.com/
- [2] Overclockers.com:
www.overclockers.com/
- [3] Tweaktown:
www.tweaktown.com/
- [4] Overclocked Inside:
www.ocinside.de/index_d.html (allemand)
www.ocinside.de/index_e.html (anglais)
- [5] The Heatsink Guide:
www.heatsink-guide.com/index.html
- [6] 2Cooltek Socket heatsink test:
www.2cooltek.com/socket_test.html
- [7] FAQ's:
Athlon overclocking FAQ:
www.tech-report.com/faq/athlon.x
Ninja Micro's Overclocking Forum:
www.ninjamicros.com/cgi-bin/Ultimate.cgi?action=intro
Hyperformance PC Overclocking FAQ:
www.hyperformance-pc.com/overclocking_faq.htm
Icronic forums:
www.apushardware.com/vb/index.php
AMD-MB faqs:
www.amdmb.com/faqs.html